

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA  
EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS  
CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD  
DE CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Diana Carolina Chávarry Grados

Asesor:

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca - Perú

2018





## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Alejandro Cubas Becerra, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de la estudiante:

- Diana Carolina Chávarry Grados

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca para aspirar al título profesional de: *Ingeniera Civil* por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Alejandro Cubas Becerra  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de la estudiante: Diana Carolina Chávarry grados para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Determinación del espesor de la sobrecapa en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Anita Alva Sarmiento  
Jurado

---

Ing. Erlyn Giordany Salazar  
Huaman  
Jurado

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de Investigación va dirigido a mi madre Yolanda Grados Huaylla y a mis hermanos Christian, Guiliana y Fernando.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por darme vida, salud y por brindarme su bendición ayuda.

A mi Madre, por haber estado siempre a mi lado inculcándome los verdaderos valores.

A mi hermano Cristian, por ser como un padre para mí, brindándome siempre sus consejos y el apoyo que necesite.

A mi hermano Fernando por su ayuda, por su tiempo, por su compañía y por la felicidad que siempre me transmitió.

A mi hermana porque teniendo poco me dio mucho.

A mi asesor, Ing. Alejandro Cubas Becerra por transmitirme sus conocimientos, por guiarme y brindarme el tiempo necesario.

A mi director de carrera, Ing. Orlando Aguilar Aliaga quien supo velar por mi bienestar como estudiante.

A todos mis docentes con los que compartí toda esta etapa de formación, por ser ellos los que me guiaron, para poder llegar a cumplir con este objetivo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. Realidad problemática.....	17
1.2. Formulación del problema .....	29
1.3. Objetivos .....	29
1.3.1. Objetivo general.....	29
1.3.2. Objetivos específicos .....	29
1.4. Hipótesis.....	30
1.4.1. Hipótesis general.....	30

<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....</b>	<b>31</b>
Población:.....	31
Unidad de estudio:.....	31
Criterios de selección de muestra:.....	31
Muestra:.....	31
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4. Procedimiento .....</b>	<b>32</b>
2.4.1. Procedimiento de recolección de datos .....	32
2.4.2. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos .....	38
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
3.1. Ubicación del tramo en el estudio .....	47
3.2. Longitud del tramo en estudio .....	47
3.3. Clasificación de la vía.....	48
3.4 Características de la vía .....	48
3.5. Croquis de orientación al norte.....	48
3.6. Sección típica del pavimento estudiado.....	49
3.7. Índice medio diario y semanal (IMD /IMDs).....	49
3.8. Calculo de EALS (ejes equivalentes a 8.2 Tn).....	54
3.9. Factor de corrección de temperatura .....	75
3.10. Procesamiento de las deflexiones .....	78

<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
4.1 Discusión.....	96
4.2 Conclusiones .....	98
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 <i>Distancia entre en centro de la rueda y borde de la vía.</i> .....	35
TABLA N° 2 <i>Factor de ajuste de Condiciones climáticas</i> .....	42
TABLA N° 3 <i>Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño</i> .....	44
TABLA N° 4 <i>Factor de ajuste por presión de neumático (fp) para ejes equivalentes (EE)</i> .....	44
TABLA N° 5 <i>Ubicación Geográfica</i> .....	47
TABLA N° 6 <i>Descripción de la vía en estudio.</i> .....	48
TABLA N° 7 <i>Índice medio diario (IMD) e Índice medio diario semanal (IMDs)</i> .....	49
TABLA N° 8 <i>Cálculo del IMD para el día miércoles 19 de setiembre del 2018.</i> .....	54
TABLA N° 9 <i>Cálculos de EALS para el día miércoles 19 de Setiembre del 2018</i> .....	56
TABLA N° 10 <i>Cálculo de IMD para el día jueves 20 de Setiembre del 2018</i> .....	57
TABLA N° 11 <i>Cálculo de EALS para el día jueves 20 de setiembre del 2018.</i> .....	59
TABLA N° 12 <i>Cálculo de IMD para el día viernes 21 de setiembre del 2018.</i> .....	60
TABLA N° 13 <i>Cálculo de EALS para el día viernes 21 de setiembre del 2018.</i> .....	62
TABLA N° 14 <i>Cálculo de IMD para el día sábado 22 de setiembre del 2018.</i> .....	63
TABLA N° 15 <i>Cálculo de EALS para el día sábado 22 de setiembre del 2018.</i> .....	65
TABLA N° 16 <i>Cálculo de IMD para el día domingo 23 de setiembre del 2018.</i> .....	66
TABLA N° 17 <i>Cálculo de EAS para el día domingo 23 de setiembre del 2018.</i> .....	68
TABLA N° 18 <i>Cálculo de IMD para el día lunes 24 de setiembre del 2018.</i> .....	69
TABLA N° 19 <i>Cálculo de EALS para el día lunes 24 de setiembre del 2018.</i> .....	71
TABLA N° 20 <i>Cálculo de IMD para el día martes 25 de setiembre del 2018.</i> .....	72
TABLA N° 21 <i>Cálculo de EALS para el día martes 25 de setiembre del 2018.</i> .....	74



TABLA N° 22 <i>Número de EALS para el pavimento en estudio.</i> .....	75
TABLA N° 23 <i>Temperatura del pavimento.</i> .....	75
TABLA N° 24 <i>Deflexiones del carril N - S en la Av. Industrial – Iscoconga.</i> .....	78
TABLA N° 25 <i>Deflexiones del carril S - N en la Av. Industrial – Iscoconga.</i> .....	83
TABLA N° 26 <i>Resultados para el carril N - S.</i> .....	88
TABLA N° 27 <i>Resultados para el carril S - N.</i> .....	88
TABLA N° 28 <i>Evaluación de resultados para el carril N – S.</i> .....	91
TABLA N° 29 <i>Evaluación de resultados para el carril S –N.</i> .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA N° 1</i> : Esquema del cuenco de deflexión del pavimento originado por la aplicación de una carga.....	27
<i>FIGURA N° 2</i> : Esquema y principio de operación de la viga Benkelman .....	28
<i>FIGURA N° 3</i> : Detalle del equipo de medición de defleiones, (Viga Benkelman) .....	33
<i>.FIGURA N° 4</i> : Configuración del sistema de carga para comenzar a operar la Viga Benkelman.....	34
<i>FIGURA N° 5</i> : Distancia borde de la vía externo, para la ubicación de las llantas traseras. ....	35
<i>FIGURA N° 6</i> : Colocación de la viga entre las llantas. ....	36
<i>FIGURA N° 7</i> : Nivelación de la viga Benkelman.....	36
<i>FIGURA N° 8</i> : El camión avanza una vez colocada la viga.....	36
<i>FIGURA N° 9</i> : Ábaco para el cálculo de la temperatura del pavimento a diferentes profundidades. ....	39
<i>FIGURA N° 10</i> : Abaco de curvas de ajuste por temperatura. ....	40
<i>FIGURA N° 11</i> : Grafica para determinar la deflexión admisible.....	43
<i>FIGURA N° 12</i> : Determinar del espesor de la sobrecapa.....	46
<i>FIGURA N° 13</i> : Longitud del pavimento flexible en estudio. ....	47
<i>FIGURA N° 14</i> : Croquis del pavimento orientado al norte.....	48
<i>FIGURA N° 15</i> : Sección típica de un tramo de la carretera a Jesús.....	49
<i>FIGURA N° 16</i> : Cálculo de la temperatura en el fondo de la carpeta asfáltica 7.5 cm o 75 mm.....	76
<i>FIGURA N° 17</i> : Cálculo de la temperatura a la mitad de la carpeta asfáltica 3.5cm o a 35 mm.....	77

<i>FIGURA N° 18:</i> Cálculo del factor de corrección de la temperatura. ....	77
<i>FIGURA N° 19:</i> Diagrama de la viga Benkelman. ....	101
<i>FIGURA N° 20:</i> Esquema y Operación de la viga Benkelman. ....	101
<i>FIGURA N° 21:</i> Esquematzación del proceso de medición con la viga Benkelman. ....	102
<i>FIGURA N° 22:</i> Levantamiento topográfico. ....	108
<i>FIGURA N° 23:</i> Verificación del asesor durante el levantamiento topográfico. ....	108
<i>FIGURA N° 24:</i> Verificación al finalizar la topografía, en inspección del asesor. ....	109
<i>FIGURA N° 25:</i> Toma de medidas de las dimensiones de cunetas. ....	109
<i>FIGURA N° 26:</i> Toma de medidas de la viga en estudio. ....	110
<i>FIGURA N° 27:</i> Visita a la estación meteorológica Augusto Weberbauer. ....	110
<i>FIGURA N° 28:</i> Recolección de temperaturas máximas y mínima de la estación Weberbauer .....	111
<i>FIGURA N° 29:</i> Hoja de temperaturas máximas y mínimas. ....	111
<i>FIGURA N° 30:</i> Colocación de las progresivas km 000+050 m. ....	112
<i>FIGURA N° 31:</i> Colocación de las progresivas km 000+250 m. ....	112
<i>FIGURA N° 32:</i> Progresiva km 000 + 500 m. ....	113
<i>FIGURA N° 33:</i> Progresiva km 001 + 000 m. ....	113
<i>FIGURA N° 34:</i> Progresiva km 001 + 500 m. ....	114
<i>FIGURA N° 35:</i> Progresiva km 002 + 000 m. ....	114
<i>FIGURA N° 36:</i> Progresiva km 002+ 500 m. ....	115
<i>FIGURA N° 37:</i> Pesando el camión tipo C2. ....	115
<i>FIGURA N° 38:</i> Ensamble de la viga Benkelman. ....	116
<i>FIGURA N° 39:</i> Remarcando las progresivas. ....	116
<i>FIGURA N° 40:</i> Colocando la viga en el eje del camión. ....	117

<i>FIGURA N° 41:</i> Se anota la primera deflexión. ....	117
<i>FIGURA N° 42:</i> Agujero para medir la temperatura del pavimento. ....	118
<i>FIGURA N° 43:</i> Se anotó las deflexiones en la progresiva km 000 + 050 m.....	118
<i>FIGURA N° 44:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 300 m. ....	119
<i>FIGURA N° 45:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 500 m. ....	119
<i>FIGURA N° 46:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 600 m. ....	120
<i>FIGURA N° 47:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 700 m. ....	120
<i>FIGURA N° 48:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 800 m. ....	121
<i>FIGURA N° 49:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 000 m. ....	121
<i>FIGURA N° 50:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 000 m. ....	122
<i>FIGURA N° 51:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 500 m. ....	122
<i>FIGURA N° 52:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 002 + 500 m. ....	123
<i>FIGURA N° 53:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 003 + 000 m. ....	123
<i>FIGURA N° 54:</i> Se anotó la deflexión en la progresiva km 004 + 500 m. ....	124
<i>FIGURA N° 55:</i> Medida del tráfico con la supervisión del asesor.....	124
<i>FIGURA N° 56:</i> Medida del tráfico con la supervisión del asesor.....	125
<i>FIGURA N° 57:</i> Medida del tráfico a las 6:00 pm. ....	125

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>GRAFICO N° 1:</i> Variación vehicular día miércoles.....	50
<i>GRAFICO N° 2:</i> Variación vehicular día jueves.....	50
<i>GRAFICO N° 3:</i> Variación vehicular día viernes.....	51
<i>GRAFICO N° 4:</i> Variación vehicular día sábado.....	51
<i>GRAFICO N° 5:</i> Variación vehicular día domingo.....	52
<i>GRAFICO N° 6:</i> Variación vehicular día lunes.....	52
<i>GRAFICO N° 7:</i> Variación vehicular día martes.....	53
<i>GRAFICO N° 8:</i> Variación vehicular semanal.....	53
<i>GRAFICO N° 9:</i> Deflectograma carril N-S en la Av. Industrial - Iscoconga.....	81
<i>GRAFICO N° 10:</i> Radio Curvatura N-S en la Av. Industrial – Iscoconga.....	82
<i>GRAFICO N° 11:</i> Deflectograma carril S-N en la Av. Industrial - Iscoconga.....	86
<i>GRAFICO N° 12:</i> Radio Curvatura S-N en la Av. Industrial – Iscoconga.....	87

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.4.2.2.1. Temperatura precedida del pavimento.....	38
Ecuación 2.4.2.2.2 Factor de corrección de temperatura.....	40
Ecuación 2.4.2.3.3 Valor medio de la deflexión .....	41
Ecuación 2.4.2.3.4 Desviación estandar .....	41
Ecuación 2.4.2.3.5 Coeficiente variación .....	42
Ecuación 2.4.2.3.6 Deflexión característica .....	42
Ecuación 2.4.2.4.7 Tasa de crecimiento .....	43
Ecuación 2.4.2.4.8 Factor de crecimiento .....	43
Ecuación 2.4.2.4.9 EALS(equivalent single axle load) por día.....	45
Ecuación 2.4.2.4.10 Numero de repeticiones de EALS .....	45

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el espesor de la sobrecapa en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman mediante la evaluación estructural del pavimento flexible de la carretera a Jesús en el tramo comprendido entre la Avenida Industrial y la intercepción con Iscocongá en la ciudad de Cajamarca. La vía estudiada tiene una longitud de 4 550 m que corresponde a una carretera de primera clase, tipo I perteneciente a la red vial nacional, para la realización del presente trabajo se hizo: el reconocimiento, el levantamiento topográfico, colocación de progresivas en la vía, lectura de las deflexiones a 25, 50 y 75 cm y el cálculo del tránsito. Una vez tomados todos los datos en campo, se siguió con el procesamiento de los datos, donde se obtuvo el espesor de sobrecapa. Para esta investigación mediante el estudio de tráfico, se obtuvo el número de EALS( equivalent single axle load) ejes equivalentes a  $8.2 \text{ Tn} = 20,955,681$  , para la obtención de las deflexiones se aplicó ASTHO (MTC E 1002- 2000/ ASTM D 4695 -03) donde indica la toma de deflexiones se harán cada 50 metros utilizando una viga Benkelman de doble brazo y un camión tipo C2 de un peso de 8.2 Tn (8 200 Kg) en el eje posterior con llantas que tengan una presión de inflado de 80 P.S.I. con lo cual se obtuvo una deflexión característica =  $92.5 \times 10^{-2}$  y una deflexión admisible =  $0.48 \times 10^{-2}$  ; finalmente se procedió al cálculo del espesor de sobrecapa mediante el INSTITUTO DEL ASFALTO obteniendo un valor de 12.5cm para este pavimento con lo que no se validó la hipótesis planteada.

**Palabras clave:** deflexiones, viga Benkelman, camión tipo C2

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Cajamarca cuenta con un porcentaje alto de vías deterioradas con condiciones de transitabilidad no adecuadas, esto tiene que ver muchas veces con el diseño, en otras ocasiones puede ser debido a los materiales empleados en la construcción o también por el constante uso, debido a que muchas veces se transita vehículos pesados por zonas donde se supera la capacidad portante del pavimento; lo que implica que las entidades públicas en la parte encargada de la red vial propongan costosas inversiones en la reconstrucción total de algunos pavimentos; sin embargo existe la posibilidad de una evaluación estructural del pavimento mediante la viga Benkelman y con los datos obtenidos se puede calcular un espesor de sobrecapa que permita alargar la vida útil del mismo, con ello optimizar costos y tiempo en el periodo de rehabilitación.

Montejo, A. (2010) nos dice que las causas para que un pavimento falle son:

- El incremento de cargas circulares y de su frecuencia con respecto a las previstas en el diseño original.
- Las deficiencias durante el proceso constructivo en calidad real de los materiales o espesores o en las operaciones de construcción, particularmente en la densificación de capas.
- Factores climáticos regionales desfavorables como: la elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias prolongadas e insuficiencia de drenaje superficial.
- Deficiente mantenimiento por escasez de recursos económicos disponibles, equipo, maquinaria y personal especializado.



- Problemas de aprovisionamiento en algunas zonas del país, por agotamiento de materiales adecuados en las proximidades de los puntos de empleo obligatorio a mayores distancias de acarreo (p.158).

Sánchez, M. y Arroyo, O. (2015) exponen que el diseño y mantenimiento óptimo de pavimentos requieren de una exacta predicción de su proceso de deterioro, el cual es altamente influenciado por la incertidumbre en las cargas del tránsito, las condiciones ambientales, las propiedades mecánicas de los materiales, su desempeño estructural y por los procesos constructivos. De esta manera, el problema de ingeniería está rodeado por condiciones de incertidumbre, por lo que satisfacer un adecuado desempeño de la solución, no puede ser garantizado de forma absoluta. Para garantizar entonces el adecuado comportamiento de un diseño, este debe ser analizado en términos de la probabilidad de éxito por satisfacer el criterio de desempeño.

Valenzuela, R. (2013) propone alternativas de rehabilitación del pavimento divididas en convencionales y no convencionales, dentro de las convencionales se tiene escarificado o remoción del pavimento existente, seguido de un recapado asfáltico; saneamiento de la carpeta existente mediante el bacheo y curado de fisuras seguido de un recapado asfáltico y finalmente un propuesta no convencional que es el fresado y reciclaje en frío de pavimentos asfálticos, para el análisis de estas tres alternativas se consideraran tres aspectos: tiempo de ejecución, trabajabilidad y costo.

Hoffman, M. y Del Aguila, P. (2008) nos proponen que para hacer una evaluación estructural, tradicionalmente se recurre a la perforación de calicatas con sus respectivas tomas de muestras para hacer ensayos y así analizar los componentes del pavimento y deducir las características estructurales, esta metodología es cara, lenta, altera el

equilibrio del sistema al perforar y es destructiva, por el contrario presenta un estudio no destructivo basándose en la interpretación de deflexiones medidas en la superficie de un pavimento utilizando la viga Benkelman, estas deflexiones reflejan una repuesta global del sistema pavimento subrasante bajo una carga dada; su medida es simple rápida, económica y no destructiva, no altera el equilibrio ni integridad del sistema.

Thenoux, G. y Gaete, R., (2012) dicen que una de las alternativas de rehabilitación tradicional es la demolición de la estructura antigua y el remplazo de esta por una nueva. Alternativamente y más conveniente en muchos casos están las opciones de diseñar un recapado asfáltico sobre la estructura existente o la reposición parcial o completa de la primera capa estructural. Estas últimas opciones presentan grandes ventajas al permitir rehabilitar un pavimento aumentando su capacidad estructural y al mismo tiempo causando un impacto menor en el ambiente y los usuarios al compararlo con una reconstrucción.

Se tiene el pavimento flexible de la carretera a Jesús donde posiblemente no exista un estudio de su estado actual; por ello esta es una propuesta destinada a subsanar un problema de deterioro verificando si la vía ya cumplió con su periodo de diseño o se requiere hacer una reconstrucción total o solamente necesita una rehabilitación, para ello se utilizará las deflexiones obtenidas mediante la viga Benkelman para luego calcular el espesor de sobrecapa a través de ábacos sacados del Instituto del Asfalto, con este procedimiento se reforzará el aprendizaje adquirido en la Universidad Privada del Norte, se podrá verificar si este pavimento aún presenta una estructura adecuada capaz de soportar cargas del tráfico y si es posible alargar su vida útil, así mismo será de gran interés para investigadores de esta temática, para estudiantes de universidad,

para gobiernos regionales locales y provinciales, para empresas contratistas como una alternativa de rehabilitación económica y duradera.

Escobar ,Gracia y Guzman en su tesis “Análisis comparativos de la evaluación de pavimentos por medio de la viga Benkelman y el deflectómetro del impacto (Filling Weight Deflectometer, FWD)” salvador, (2007) determinaron la comparación de estos dos equipos, mediante la evaluación de la capacidad estructural de pavimentos flexibles por medio de la aplicación de cargas estáticas y cargas de impacto siguiendo la metodología de la guía de diseño de estructuras de pavimentos ASHTO 93. La muestra fueron 6 km de la carretera interdepartamental; lo que permitió determinar la ecuación correlación entre las deflexiones medidas tanto por el deflectómetro de impacto como por la viga Benkelman con tiempo de separación de un año y condiciones climáticas iguales, definida así;  $dFWD$  (deflexión-viga Benkelman)  $= 1.21041$   $dVB$ (deflectómetro de impacto)  $= 1.888$ . Además, se obtuvo un valor de correlación de 0.89 correspondiente a una correlación positiva del 89% entre las deflexiones obtenidas mediante el deflectómetro de impacto y la viga Benkelman. Valor mayor a 0.70 que estadísticamente se adopta como límite para considerar como precisa la ecuación de correlación. Esta investigación ayudó a constatar que las zonas homogéneas, débiles y fuertes del tramo de carretera auscultado tanto por el FWD (setiembre 2006) como por la viga Benkelman (agosto 2007) mantienen el mismo comportamiento.

Ignacio, J. (2013) en su tesis “Análisis deflectométrico de las capas del pavimento flexible con subrasante de suelo arenoso en la panamericana norte km 355 + 500 al 357 + 500”, (Cajamarca, 2013), donde se toma en estudio la carretera que atraviesa

longitudinalmente los departamentos de Lima, Ancash y La Libertad, que se localizan al norte de la capital del Perú, la red vial del presente estudio se desarrolla entre las progresivas km 557 + 200 al km 206 + 700 de la carretera panamericana norte, cuyo inicio contractual es a la altura del desvío al Puerto Salaverry con finalización a la altura de la localidad de Pativilca, con una longitud de 283.58 kilómetros. Se considera principalmente los tramos con suelo arenoso, limos y gravas que se va determinado la geología del lugar, seguidamente nos muestra los levantamiento topográficos, se estudia los suelos colindantes, se calcula las deflexiones con la viga Benkelman calculando así la deflexión admisible de todas las capas de pavimento subrasante < 150 mm/100, sub base <100 mm/100, base <80 mm/100 y carpeta asfáltica <44 mm/100 se nos recomienda que con el análisis deflectómetro de los 2 km donde se le da un valor para la capacidad estructural del pavimento, se puede disminuir el espesor de las carpetas de base y sub base, con el factor de seguridad respectivo.

Muñoz, E. (2014) realizó una investigación durante la construcción de la carretera Pericos- San Ignacio, entre el Km 0+000 hasta Km05+000, con la finalidad de determinar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible .Utilizó la viga Benkelman para medir las deflexiones a varias distancias de eje de carga a 0, 25, 50,100 y 500cm, con el fin de definir el cuenco de deflexiones, para determinar la rugosidad considerando que las mediciones de deflexiones se han realizado a nivel de carpeta asfáltica, en el lado derecho(hacia San Ignacio) y en el lado Izquierdo (hacia Pericos), los resultados obtenidos en esta investigación muestran que se ha determinado una deflexión característica menor a la admisible con ello se indica que se cumple con las especificaciones dadas en la EG-2013, los valores del coeficiente de variación tanto en el carril derecho como izquierdo son 3.59 y 4.31, los cuales son

consistentes con la definición de un sector homogéneo considerándose una confiabilidad del 95%. Se muestra que en la parte de análisis de evaluación superficial los resultados de rugosidad obtenidos en el tramo de estudio son inferiores a los límites establecidos por las especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2013 ( $IRI_{adm} = 2.00m/km$ ) obtenidos para toda la longitud del tramo, de manera global, fueron analizados en forma estadística con una confiabilidad del 95%. En este proyecto se recomienda un seguimiento del comportamiento de la vía después de puesta en marcha, iniciando un programa de medición de rugosidad periódica cada 6 meses.

Cubas, R. (2017) en su tesis: “Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la viga Benkelman” realiza una evaluación estructural de 2375m de vía de evitamiento sur en el tramo desde el Ovalo Musical hasta la Av. Industrial a través del cálculo de deflexiones obtenidas cada 50 m según lo indicado en la norma MTC E 102-200 con la viga Benkelman utilizando el método Corevial obteniendo con ello la deflexión característica de  $125.426 \times 10^{-2}mm$ , la deflexión admisible igual a  $77 \times 10^{-2}mm$ , un radio de curvatura 589.93 un IMDs (índice medio diario semanal) igual a 9465 veh/día y finalmente se obtuvo el cuenco de deflexiones donde se promedió las deflexiones cada 25cm, 50cm, 75cm, 100cm y deflexión final en ida y retorno. Según estos datos obtenidos se tiene que el radio de curvatura es mayor al radio de curvatura mínimo de 100 m indicado en el método Correval con ello se determina el buen estado del pavimento; se tiene una deflexión característica del pavimento mayor a la admisible lo que indica un mal comportamiento de la subrasante y un buen estado del pavimento por lo que el pavimento comenzará a fallar; por ello no tiene un adecuado

comportamiento estructural, debido a esto en esta investigación se recomienda la reconstrucción total del pavimento.

En esta investigación es necesario conocer términos como:

### **Evaluación de los pavimentos**

Existe una gran diferencia entre el proceso de diseño de un pavimento nuevo y el proceso de diseño de la rehabilitación de un pavimento existente. En lo que se refiere a este último, se dispone de un conjunto de materiales que ya están colocados y que han sufrido un deterioro por efecto del tránsito, de los agentes climáticos y el tiempo. Dichos materiales presentan un cierto valor estructural remanente, el cual es necesario considerar como aporte a los fines del diseño de la rehabilitación del pavimento, por lo tanto, se impone como tarea previa en estos casos, a diferencia del diseño de un pavimento nuevo, la valoración o evaluación del pavimento en cuestión, la cual sólo es posible a través de procedimientos específicos.

#### **a) Evaluación Inicial**

Geología de la zona, zonas potencialmente inestables y de posible riesgo para la carretera, drenaje general, cobertura vegetal y topografía general

**Información climatológica**, en cuanto a la precipitación pluvial en intensidad y distribución anual, temperatura ambiente y su variación estacional.

**Información histórica del pavimento**, proyecto del pavimento, incluida el tipo de pavimento, número y espesores de las capas que lo constituyen, tipo y características de los materiales, incluida la capa subrasante, espesores de las capas, sistema de drenaje previsto.

**Información de construcción,** antecedentes de conservación, rehabilitación o reconstrucción, información topográfica y geométrica: Geometría del pavimento, indicando ancho de la calzada, dimensiones y acotamientos, dimensiones de losas incluyendo su espesor, teniendo en cuenta que este podría variar transversalmente.

Mendez, J. (2012)

### **b) Evaluación de Seguimiento**

A partir de la evaluación inicial del pavimento, se procederá a efectuar un programa de evaluaciones periódicas, que constituyen un proceso de seguimiento de la forma en que el pavimento evoluciona a través del tiempo y así programar en forma racional una estrategia de conservación con el fin de evaluar su comportamiento en el tiempo identificando características superficiales, deterioros, rugosidad, resistencia a la fricción, etc. Mendez, J. (2012)

### **c) Evaluación puntual**

Este tipo de evaluación fundamentalmente tiene como finalidad definir adecuadamente un problema concreto, conociendo en la forma más completa posible el estado del pavimento para determinar las causas que han originado los deterioros y así proyectar o planear una acción concreta de rehabilitación o refuerzo de pavimento. Mendez, J. (2012)

Existe también una evaluación superficial y una evaluación estructural.

**Evaluación superficial:** En lo que se refiere a la evaluación superficial, la misma debe considerar las fallas presentes en el pavimento para valorarlas, tanto en magnitud como en severidad, para así tener un indicativo referencial de su condición. Para ello se dispone de la evaluación funcional del pavimento mediante la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Montejo, A. (2010).

**Evaluación Superficial:** En lo que concierne a evaluación estructural debe incluir la medición de diferentes parámetros que permitan correlacionar la condición superficial del pavimento con alguna respuesta de la estructura ante la aplicación de una carga. Montejo, A. (2010)

En nuestro país se encuentra muy difundida la medición de deflexiones superficiales de los pavimentos ante la aplicación de una carga. Para ello existen distintos equipos de medición, pero los más utilizados son la viga Benkelman, equipo de medición cuasi-estática pero también está el equipo de medición dinámica como el Falling Weight Deflectometer (FWD)

#### **d) Evaluación por Deflectometría**

Permite determinar la deflexión elástica recuperable, se entiende por deflexión elástica a la deformación que sufre un pavimento por diversos factores. Mediante ella es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura a las solicitaciones del tránsito que lo utiliza. Las mediciones de deflexión se pueden realizar con un equipo portátil denominado viga Benkelman. Montejo, A. (2010)

Según Corros, Urbáez y Corredor (2009) la deflexión en los pavimentos es la deformación vertical bajo el punto de aplicación de la carga. En definitiva, la deflexión es la integración matemática de las deformaciones verticales con la profundidad. Dependiendo de la estructura del pavimento considerada, la sub-rasante contribuye entre un 70 a 95% de la deflexión medida en la superficie del pavimento. Por esta razón se puede afirmar que la mayor deflexión en los pavimentos es causada por la compresión elástica de la subrasante.



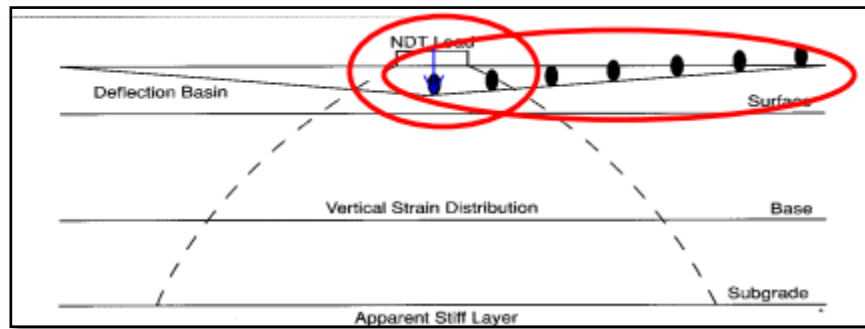
### **La Viga Benkelman:**

Es probablemente el más popular y económico equipo de medición de deflexiones superficiales del pavimento y el mismo permite medir el rebote de la deflexión estática de un pavimento asfáltico bajo la aplicación de una carga. Funciona según el principio de palanca: los dos brazos de la viga rotan alrededor de un eje horizontal, de manera tal que cualquier movimiento del extremo de la viga en contacto con el pavimento, produce un movimiento proporcional en el extremo opuesto, el cual es registrado por un dial extensómetro. Corros, Urbáez y Corredor (2009)

Según Corros, Urbáez y Corredor (2009) existen distintos tipos de viga Benkelman para realizar mediciones de deflexiones de pavimentos. Las más comunes son:

**Viga Simple:** Corresponde a la viga que cuenta con un solo palpador o brazo de medición y por ende un solo dial extensómetro para la medición de la máxima deflexión (D0).

**Viga Múltiple:** Corresponde a la viga que cuenta con más de un brazo palpador articulado en una misma base de referencia y por ende más de un dial extensómetro para la medición de la máxima deflexión (D0) y subsecuentes deflexiones alejadas una distancia “r” del punto de máxima carga “0”. El caso más común corresponde a la viga doble que cuenta con dos brazos de medición. Este tipo de medición también es posible realizarlo utilizando varias vigas Benkelman simples simultáneamente.



**FIGURA N° 1:** Esquema del cuenco de deflexión del pavimento originado por la aplicación de una carga.  
 Fuente: Corros, Urbáez y Corredor (2009).

Para Escobar, Gracia y Guzman (2007) la viga Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple., la viga consta esencialmente de dos partes:

- (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B")
- (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un micrómetro de movimiento vertical (punto "E").

Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que, al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB,

determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del micrómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador.

Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del micrómetro.

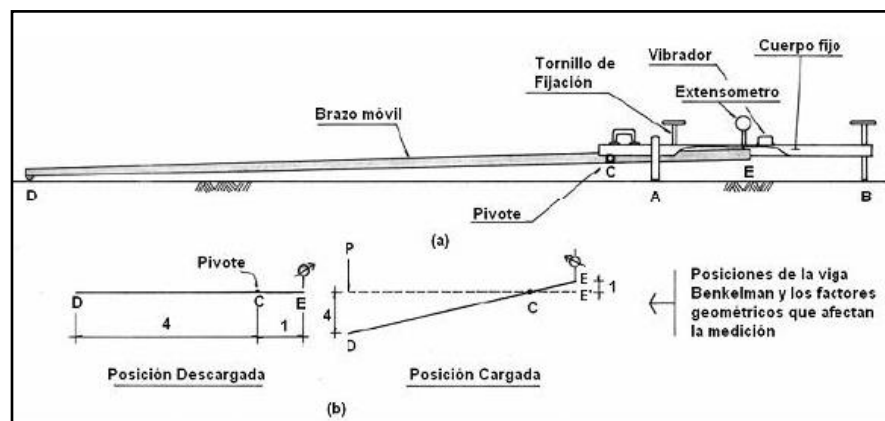


FIGURA N° 2: Esquema y principio de operación de la viga Benkelman  
Fuente: Escobar ,Gracia y Guzman (2007)

### Volumen de tránsito

Es el número de vehículos que circulará sobre la vía será determinado, en función de las estadísticas y estudios de tránsito, y/o mediciones reales de campo. Debe conocerse tanto el volumen para el año inicial de diseño, como la tasa de crecimiento interanual para el período de diseño. Corros, Urbáez y Corredor (2009)

## 1.2. Formulación del problema

¿Entre que valores varía el espesor de la sobrecapa determinada en función de las deflexiones obtenidas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús en la ciudad de Cajamarca?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar el espesor de la sobrecapa en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de un tramo de la carretera a Jesús en la ciudad de Cajamarca.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento topográfico del pavimento en estudio
- Replantear, para colocar progresivas cada 50 m a lo largo de toda la vía con ello conocer los puntos exactos donde se tomarán las deflexiones.
- Medir las deflexiones existentes en la carretera a Jesús cada 50 m en el tramo que une la Av. Industrial con Iscocongá.
- Calcular el tránsito que circula sobre esta vía es decir el IMD (Índice Medio Diario)
- Determinar el número de EALS, los ejes equivalentes a 8.2 Tn.
- Obtener la deflexión característica y admisible mediante las deflexiones tomadas en campo.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Los valores del espesor de la sobrecapa en función de las deflexiones medidas con la viga Benkelman del pavimento flexible de la carretera a Jesús que intercepta la Av. Industrial con Iscoconga están entre 5-10 cm.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Según el propósito: Aplicada porque se centra en contar con mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto.

Según la manipulación de variable: No experimental, porque trabaja con hechos de experiencia directa no manipulado basándose fundamentalmente en la observación

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### **Población:**

Está formada por todas las vías que cuentan con pavimento flexible en la ciudad de Cajamarca.

#### **Unidad de estudio:**

Está constituida por el pavimento

#### **Criterios de selección de muestra:**

Vías con un nivel de servicio de acuerdo a su periodo de vida.

#### **Muestra:**

Constituida por el pavimento flexible de la carretera a Jesús sin considerar las bermas que comprende el tramo desde la Av. Industrial hasta la intercepción con Iscoconga, la cual es una vía de dos carriles de 4550m cada uno. Fue elegida porque el primer kilómetro de esta vía presentaba algunas grietas, lo que indican que el pavimento se esta comenzando a deteriorar y necesitaba esta propuesta de rehabilitación.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para la presente investigación se utilizó la técnica de medición de deflexiones mediante la viga Benkelman según lo establecido en la normativa del MTC E 1002-2000/ ASTM D 4695-03; aplicando la metodología del Instituto del Asfalto con la utilización de ábacos para la obtención del espesor de sobrecapa.

**Instrumento:** Formatos de medición de deflexiones obtenidos con la viga Benkelman y hojas de conteo de l variación de tráfico.

### **2.4. Procedimiento**

#### **2.4.1. Procedimiento de recolección de datos**

##### **2.4.1.1. Levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico se considera una estación total, un prisma, una porta prisma y un GPS, una vez en campo se puede determinar un punto de mayor visualización para la ubicación de los equipos, seguidamente la nivelación de la estación, utilizando sus respectivos tornillos, luego el encendido y configuración de la estación, la orientación al norte y se comienza con la radiación de puntos hasta que las curvas de la carretera ya no sean visibles, se hace un cambio de estación y se realizará la medición continua de puntos de donde obtendremos sus respectivas coordenadas geográficas.

##### **2.4.1.2. Procedimiento Deflectométrico:**

Montejo, A. (2010) nos dice que existen muchos dispositivos que miden de manera no destructiva las deflexiones intentando con ello, simular la respuesta del pavimento ante una carga móvil. La viga Benkelman mide deflexiones bajo la rueda de un vehículo cargado, en los puntos seleccionados para ello. El Instituto del Asfalto recomienda tomar al azar 12 lecturas por kilómetro de carretera (el INV acostumbra a tomar 20 en intervalos de 50 metros, de modo alterno a uno y a otro lado de la calzada).

Los valores obtenidos de las deflexiones en cada sección se consideran homogéneos, se promedian, se ajustan a la temperatura y al periodo climático crítico del año y se le suman dos desviaciones estándares obteniéndose un valor que es representativo del 97% de las desviaciones medidas en la sección.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MINVIV, 2010) en la Norma Pavimentos Urbanos CE.10 nos especifica que: en caso de las vías colectoras y en donde lo indique el profesional responsable, se efectuará mediciones de la deflexión en todos los carriles, en ambos sentidos cada 50 m y en forma alternada (tresbolillo). Se analizará la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida de por lo menos tres valores por punto y se obtendrán indirectamente los módulos de elasticidad. Además, la deflexión característica obtenida por sectores homogéneos se comparará con la deflexión admisible para el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño.

Para efectos de la medición de las deflexiones podrá emplearse la Viga Benkelman (MTC E1002 – 2000), medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura.

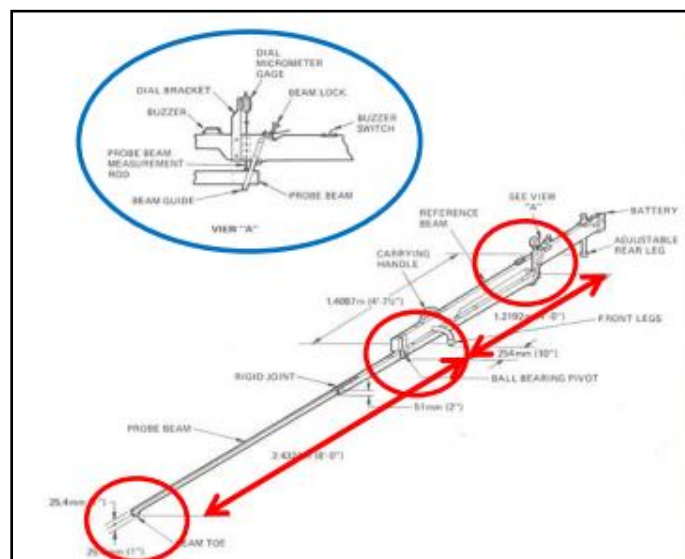


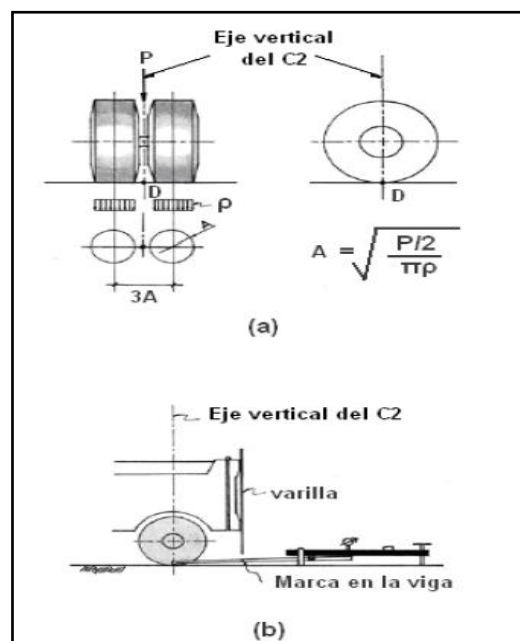
FIGURA N° 3: Detalle del equipo de medición de defleiones, (Viga Benkelman)

Fuente: Corros, Urbáez y Corredor. (2009).



Para la medición de las deflexiones en campo se utilizó una carga aplicada al pavimento la cual ha sido estandarizada en 18,00 libras (80 KN) a través de la guía de diseño AASHTO, proporcionando 9,000 libras por cada una de las llantas duales del eje trasero de un camión tipo C2, con una presión en las llantas de 0.48 a 0.55 Mpa (70 a 80 PSI).

Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumplan estas condiciones (por medio de basculas fijas o móviles), así como la presión de las llantas sea la requerida. Una vez localizado el lugar donde se realizó el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en el lado exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto.



.FIGURA N° 4: Configuración del sistema de carga para comenzar a operar la Viga Benkelman.  
Fuente: Ignacio, J. (2013).

Las mediciones se realizaron colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo la deflexión cuando el vehículo se aleja. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador.

Para el procedimiento del cálculo de deflexiones en campo se consideró los siguientes pasos:

- a. Colocar progresivas en la vía cada 50m para la ubicación de los puntos de medición
- b. Se tiene el camión tipo C2 según lo especificado.
- c. Medición de la distancia desde el borde externo o línea de demarcación, para la ubicación de llantas traseras del camión, las cuales deben estar sobre la huella de circulación de los vehículos.



FIGURA N° 5: Distancia borde de la vía externo, para la ubicación de las llantas traseras.

Fuente: Corros, Urbáez y Corredor. (2009).

TABLA N° 1

*Distancia entre en centro de la rueda y borde de la vía.*

ANCHO CANAL (M)	DISTANCIA ENTRE EL CENTRO DE LAS RUEDAS Y EL BORDE DE LA VÍA O LÍNEA DE DEMARCACIÓN (CM).
Menor 3.35	60
Mayor o Igual a 3.35	90

- d. Se consideró como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión (ver figura N° 2– b), se efectúa una marca en la viga de manera tal que, basta con hacer coincidir para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de gravedad del conjunto.
- e. Se centró la punta delantera de la viga entre las dos ruedas.



*FIGURA N° 6:* Colocación de la viga entre las llantas.

Fuente: Corros, Urbáez y Corredor (2009).

- f. Se niveló la viga y se colocó la aguja del extensómetro en una lectura que permita que el vástago recorra – sin trabarse – la magnitud de la deflexión medida.



*FIGURA N° 7:* Nivelación de la viga Benkelman.

Fuente: Corros, Urbáez y Corredor (2009).

- g. Se ordenó al camión que comience a avanzar a baja velocidad para poder detenerlo cuando alcance el punto de lectura final y anotarla.



*FIGURA N° 8:* El camión avanza una vez colocada la viga.

Fuente: Corros, Urbáez y Corredor. (2009).

De igual forma se efectuó, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales a 25, 50 y 75 cm. Para la metodología de análisis se requirió de por lo menos tres lecturas, pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea tener una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

**h.** Se almacenó los datos en la hoja de toma de datos (Ver Anexo N° 05)

#### **2.4.1.3. Temperatura del pavimento y del ambiente:**

El día de la realización del ensayo de la toma de deflexiones se tomó la temperatura haciendo una pequeña perforación en el suelo de aproximadamente 10 mm de diámetro por 3 cm de profundidad, seguidamente se le introdujo aceite, se colocó el termómetro y se anotó la temperatura del pavimento en grados centígrados (°C) en cada medición de la deflexión Ver figura N° 56

Para la obtención de la temperatura del ambiente se visita la estación meteorológica cercana al pavimento estudiado, en este caso se visitó la estación Weberbauer donde se solicitó al encargado las temperaturas máximas y mínimas de 5 días antes de realizar la medición de las deflexiones Ver figura N° 27y 28

#### **2.4.1.4. Tránsito de diseño:**

Se realizó una proyección del tránsito para el periodo de diseño del esfuerzo que se va a colocar. La proyección que se realizó es idéntica a la que se realiza en el método de diseño de pavimentos nuevos y obteniéndose un tránsito futuro expuesta el MTC donde en una semana se ubica una estación y a partir de las 6:00 am hasta las 8:00 pm se contara la cantidad y tipo de vehículos que transitan por el pavimento en estudio.

## 2.4.2. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

### 2.4.2.1. Levantamiento Topográfico

Las coordenadas geográficas obtenidas de cada punto fueron importadas al AUTOCAD CIVIL 3D de donde se obtuvo un plano en planta donde se visualizó el pavimento en estudio con dos carriles uno de ida (N-S) y otro de retorno (S-N) con progresivas cada 50m a lo largo de los 4550m de longitud para facilitar los puntos de medición de deflexiones

### 2.4.2.2. Ajuste de la Temperatura

#### Factor de ajuste de temperatura:

Este factor considera los cambios de temperatura y de humedad que ocurren durante el día mes o año de medición de las deflexiones. Para ello se utilizó la temperatura superficial del pavimento, la cual se obtuvo al momento de la realización de la medición de deflexiones; a este valor de temperatura se le debe sumar el promedio de las temperaturas máximas y mínimas del aire (ambiente) de los cinco días previos al día de medición de las deflexiones en el tramo en estudio, las temperaturas [www.weather.com/español](http://www.weather.com/español) o [www.clima.msn.com](http://www.clima.msn.com). Corros, Urbáez y Corredor (2009).

Para obtener una temperatura máxima y mínima más exacta se visitó una estación meteorológica cercana al pavimento en estudio con los datos se aplicó la siguiente ecuación para calcular la temperatura predecida de pavimento ( $T^0$ ) temperatura con la que se ingresará al Abaco.

$$T^0 = T^0_{pav} + \frac{T^{\circ}Max + T^{\circ}Min}{2} \quad \text{Ecuación 2.4.2.2.1}$$

#### Donde:

**T° Pav:** Temperatura del pavimento en estudio

**T° Max:** Temperatura máxima del ambiente

**T° Min:** Temperatura mínima del ambiente

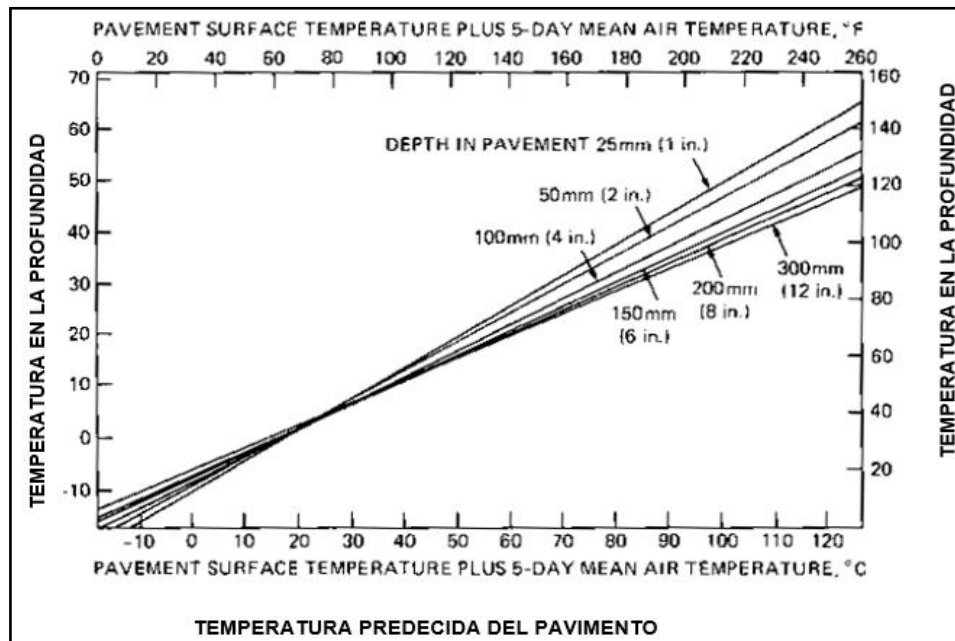


FIGURA N° 9: Abaco para el cálculo de la temperatura del pavimento a diferentes profundidades.

Es un ábaco que se encuentra a escala y con la intercepción de valores ya sea en el eje x o y se puede llegar a obtener otro valor en este caso nos permitirá calcular la temperatura en el fondo y a la mitad de la carpeta asfáltica.

Fuente: Asphalt Overlay for Highway and Street Rehabilitation (The Asphalt Institute, 1983)

Dependiendo del espesor de la carpeta asfáltica en la figura N° 7 se calculó:

- La temperatura superficial del pavimento
- La temperatura a medio espesor de la capa
- La temperatura al fondo de la capa

El promedio de los tres valores antes mencionados representara la temperatura media del pavimento.

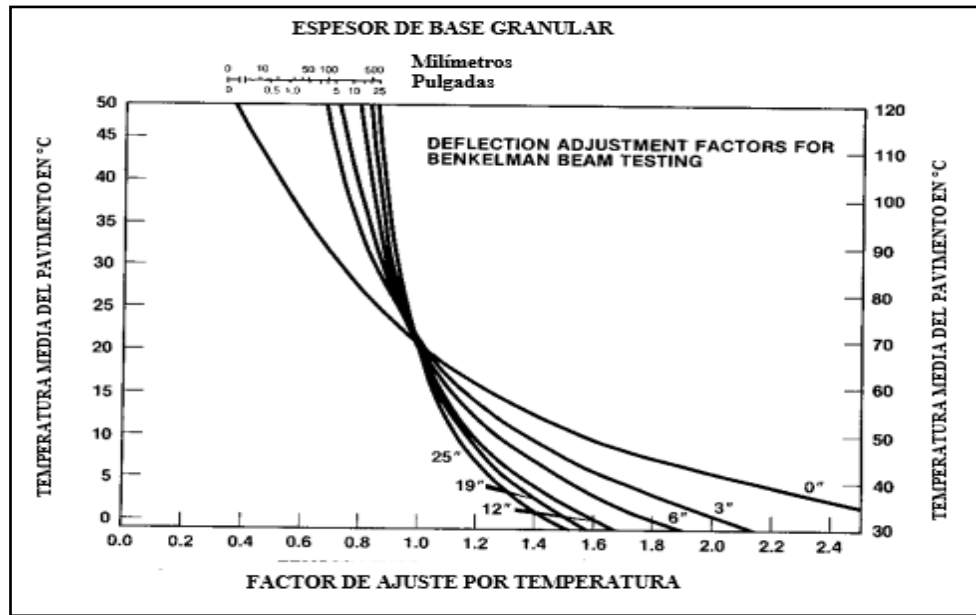


FIGURA N° 10: Ábaco de curvas de ajuste por temperatura.

Es un ábaco que se encuentra a escala y con la intercepción de valores ya sea en el eje x o y se puede llegar a obtener otro valor, en este caso nos permitirá factor de ajuste de la temperatura

Fuente: Asphalt Overlay for Highway and Street Rehabilitation (The Asphalt Institute, 1983)

Se obtendrá el factor de ajuste de temperatura en la figura N° 08 donde se ingresa con la temperatura media obtenida anteriormente y se intercepta con el espesor de la base granular. Cada una de las deflexiones medidas en campo se multiplicarán por este factor de corrección de temperatura

(Corros, Urbáez y Corredor, 2009) nos dice que existe otro procedimiento para determinar el factor de ajuste de deflexiones por temperatura entre lo que destaca lo desarrollado a continuación ecuación propuesta por el Ing. Pablo Águila de Perú

$$f = 1 / [(0.001 * (T - 20) * e) + 1] \quad \text{Ecuación 2.4.2.2.2}$$

**Donde:**

**T:** Temperatura media del pavimento en estudio (°C)

**e:** Espesor de mezclas asfálticas (cm)

### 2.4.2.3. Evaluación de la condición estructural del pavimento

A partir de la deflexión característica ( $D_c$ ) es posible predecir el periodo que puede transcurrir antes que sea indispensable la colocación de un refuerzo en el pavimento.

Según (Montejo Fonseca, 2010) se tiene:

**Valor medio de la deflexión:** Se analiza los resultados a través de métodos estadísticos.

$$D = \frac{\sum d}{n}$$

Ecuación 2.4.2.3.3

**Donde:**

**D:** Media aritmética de los valores individuales

**d:** Valor individual de un ensayo

**n:** Número de ensayos individuales

**Desviación Estándar ( $\sigma$ )**

$$\sigma = \frac{\sum (d - D)^2}{(n - 1)^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 2.4.2.3.4

**Donde:**

**D:** Media aritmética de los valores individuales

**d:** Valor individual de un ensayo

**n:** Número de ensayos individuales



**Coefficiente de variación (V)**

$$V = \frac{\sigma}{D} \times 100$$

Ecuación 2.4.2.3.5

**Donde:**

**D:** Media aritmética de los valores individuales

**$\sigma$ :** Desviación estándar

**Deflexión Característica (Dc)**

Determinación de la deflexión característica o deflexión representativa del tramo para lo que se aplica la fórmula:

$$Dc = D + 1.645 * \sigma$$

Ecuación 2.4.2.3.6

**Donde:**

**Dc:** Deflexión característica

**D:** Media aritmética de los valores individuales

**$\sigma$ :** Desviación estándar

**Factor de corrección por condiciones ambientales** según Montejo, F. (1998) considera el siguiente cuadro para condiciones ambientales durante el periodo de medición en campo

TABLA N° 2  
*Factor de ajuste de Condiciones climáticas*

Naturaleza del suelo de la subrasante	Condiciones climáticas durante el periodo de la medición en campo		
	Lluvias	Intermedio	Seco
Suelos arenosos y permeables	1.0	1.0 a 1.1	1.1 a 1.3
Suelos arcillosos e impermeables	1.0	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Con esta tabla se puede ajustar las deflexiones según las condiciones climáticas al momento de ensayar al pavimento elegido.

Fuente: Montejo, F. (1998)

Conociendo el número de EALS se ingresó en el siguiente ábaco y se puede obtener la deflexión admisible

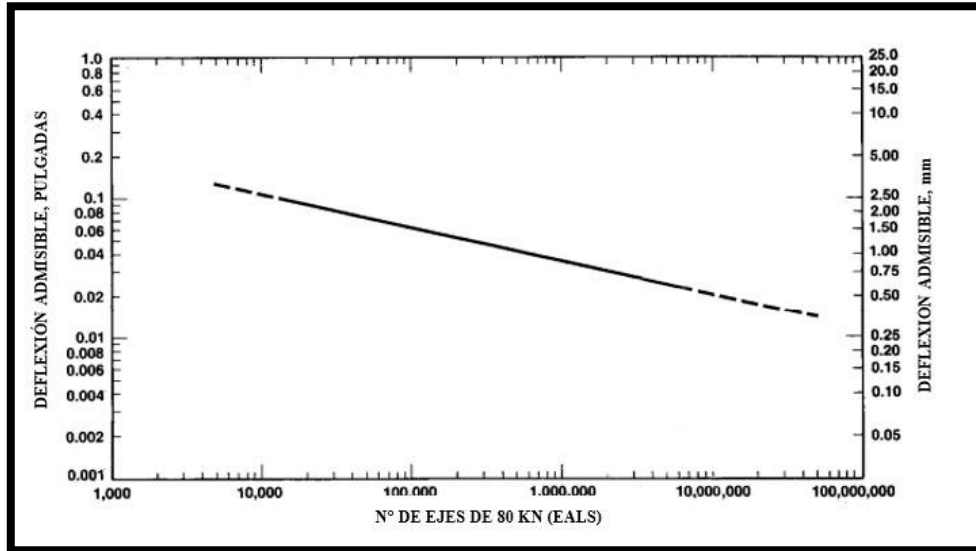


FIGURA N° 11: Grafica para determinar la deflexión admisible.

Es un ábaco que se encuentra a escala y con la intercepción de valores ya sea en el eje x o y se puede llegar a obtener otro valor, en este caso nos permitirá calcular la deflexión admisible conociendo el número de EALS.

Fuente: Asphalt Overlay for Highway and Street Rehabilitation (The Asphalt Institute, 1983)

#### 2.4.2.4. Tránsito de diseño:

Para determinar el tránsito promedio diario anual, discriminación por tipo de vehículo. Se multiplicó cada valor por el porcentaje que utiliza el carril de diseño y por 365 días para obtener el tránsito total del año actual para cada tipo de vehículo.

Tasa de crecimiento y Factor de crecimiento:

$$T_n = T_0(1 + r)^n \quad \text{Ecuación 2.4.2.4.7}$$

$$F_c = \frac{(1 + r)^n}{r} \quad \text{Ecuación 2.4.2.4.8}$$

Donde:

**r:** Tasa de crecimiento (Se aplicará una tasa de crecimiento  $r = 6\%$  para buses y  $r = 5\%$  para camiones).

**n:** Periodo de diseño

TABLA N° 3

*Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño*

NÚMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCION (Fd)	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR PONDERADO O $F_d \times F_c$ PARA CARRIL DE DISEÑO
1 calzada (para IMDs total de la calzada)	1 Sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 Sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 Sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 Sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 Sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 Sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDs total de las dos calzadas)	2 Sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 Sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 Sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 Sentido	4	0.50	0.50	0.25

En esta tabla se identifica el factor carril y dirección debido al tipo de pavimento que se estudie, este pavimento tiene una calzada de dos sentidos y un carril por sentido por lo tanto tendrá un factor direccional (Fd) igual a 0.5 y un factor carril (Fc) igual a 1.

TABLA N° 4

*Factor de ajuste por presión de neumático (fp) para ejes equivalentes (EE)*

Espesor de capa de rodadura (mm)	Presión de contacto del neumático [PCN] en psi $PCN=0.9*[\text{Presión de inflado del neumático}]$ (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
<b>50</b>	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
<b>60</b>	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
<b>70</b>	1.00	1.3	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
<b>80</b>	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
<b>90</b>	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
<b>100</b>	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
<b>110</b>	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
<b>120</b>	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
<b>130</b>	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
<b>140</b>	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
<b>150</b>	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
<b>160</b>	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
<b>170</b>	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
<b>180</b>	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
<b>190</b>	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
<b>200</b>	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Se tiene la presión de inflado de acuerdo al espesor de capa de rodadura cuando el valor no se encuentre en esta tabla entonces se interpolará.

Número de EALS por día (EE día – Carril):

$$EE \text{ día} - \text{Carril} = \frac{Veh}{\text{día}} \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fpi$$

Ecuación 2.4.2.4.9

**Donde:**

**Veh/día:** Vehículos por día

**Fd:** Factor dirección

**Fc:** Factor carril

**Fvp:** Factor vehículo pesado

**Fpi:** Factor de ajuste por presión de neumáticos

Número de repeticiones ejes equivalentes (N rep EE)

$$N^{\circ} \text{ rep EE} = EE \text{ día} - \text{carril} \times Fca \times 365$$

Ecuación 2.4.2.4.10

**Donde:**

**EE día- carril:** ejes equivalentes por día

**Fca:** Factor camión

#### 2.4.2.5. Diseño de la sobrecapa

El procedimiento que se va a desarrollar en este caso, es el siguiente:

- Determinar la deflexión característica
- Estimar número de EALS para el tiempo que se tomara como periodo de diseño de la sobrecapa.

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

- Con esos dos valores, determinar en la gráfica de diseño, el espesor requerido de sobrecapa

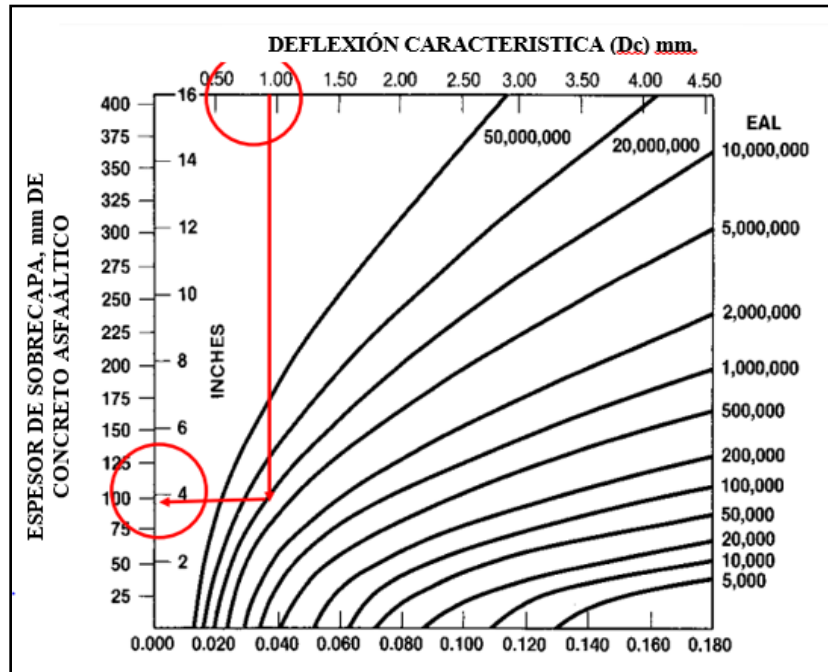


FIGURA N° 12: Determinar del espesor de la sobrecapa.

Este ábaco nos permitirá obtener el espesor de sobrecapa mediante la intercepción de la deflexión característica con los EALS

Fuente: Asphalt Overlay for Highway and Street Rehabilitation (The Asphalt Institute, 1983)

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Ubicación del tramo en el estudio

#### 3.1.1. Ubicación política

<b>REGIÓN</b>	: Cajamarca
<b>DEPARTAMENTO</b>	: Cajamarca
<b>PROVINCIA</b>	: Cajamarca
<b>DISTRITO</b>	: Cajamarca
<b>SECTOR</b>	: 13

#### 3.1.2. Ubicación geográfica

TABLA N° 5  
*Ubicación Geográfica*

PUNTO	PROGRESIVA (Km)	COORDENADAS UTM		
		ESTE (m)	Norte (m)	Cota (m)
Av. Industrial	km 0 + 50 m	777742.8628	9205657.1480	2680
Iscoconga	km 04 + 550 m	781361.2404	9203022.2329	2648

Se describe en este cuadro las coordenadas UTM del punto inicial y final del tramo de pavimento evaluado

### 3.2. Longitud del tramo en estudio

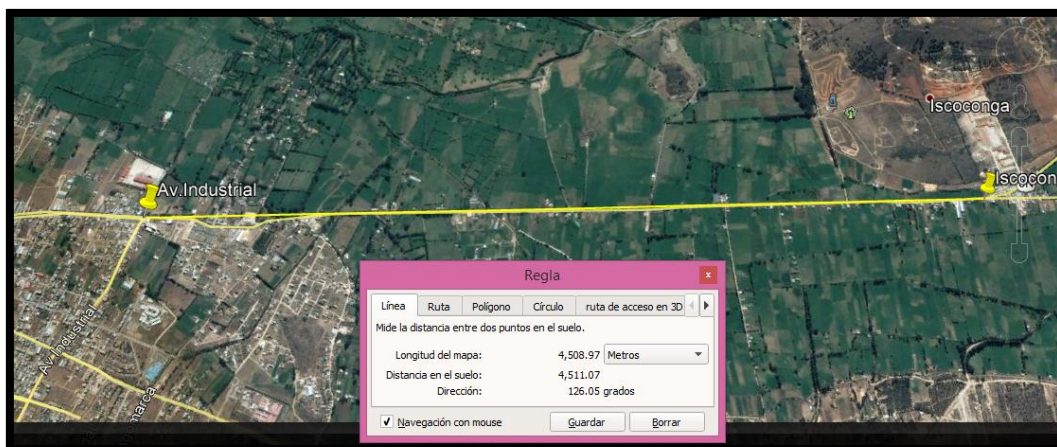


FIGURA N° 13: Longitud del pavimento flexible en estudio.

Esta imagen muestra una longitud referencial donde se unen dos puntos delimitando la muestra en estudio

Fuente: Google Earth, 2017

### 3.3. Clasificación de la vía

- Según su jerarquía. Sistema Nacional
- Según su demanda: Carretera de primera clase
- Según su condición orográfica: Terreno plano (Tipo 1)

### 3.4 Características de la vía

TABLA N° 6  
Descripción de la vía en estudio.

	N° CALZADAS	CARRILES	BERMAS LATERALES	CUNETAS
NÚMERO	1	2	2	1
LONGITUD	10	3.5	1	0.5

Se muestran las características de la carretera en estudio con sus respectivas medidas

### 3.5. Croquis de orientación al norte

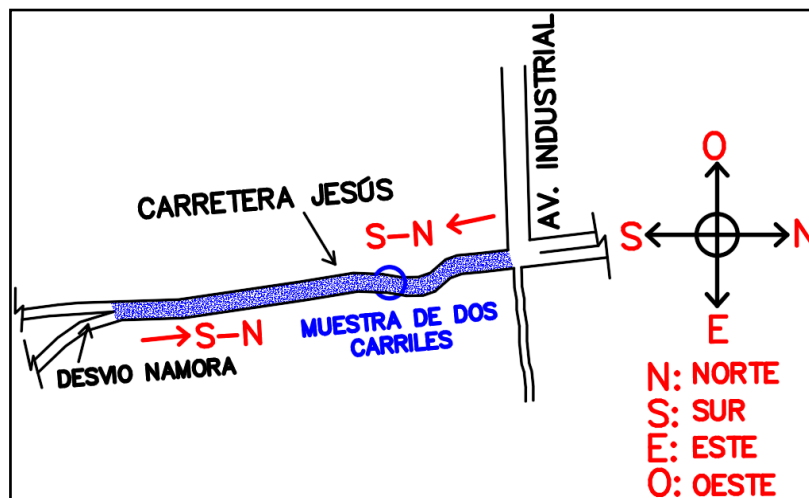


FIGURA N° 14 Croquis del pavimento orientado al norte

Es un trazo de la vía en estudio que servirá para tener referencia en que carril nos encontramos, puede ser en el carril N-S o S-N

### 3.6. Sección típica del pavimento estudiado

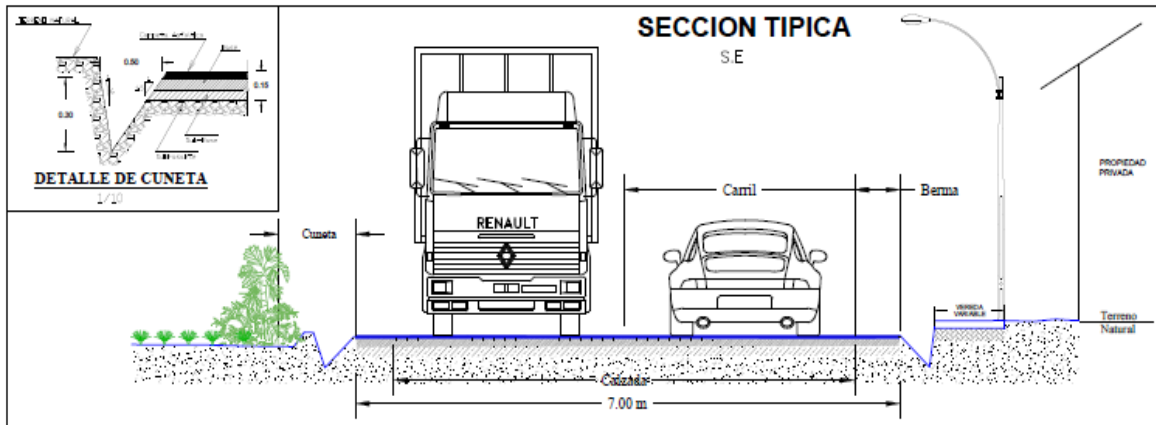


FIGURA N° 15 Sección típica de un tramo de la carretera a Jesús, en esta sección podemos identificar que es solo una calzada con dos carriles en dos sentidos y se puede visualizar también las cunetas.

### 3.7. Índice medio diario y semanal (IMD /IMDs)

Se contabilizó la cantidad de vehículos que transitan por el tramo en estudio en el periodo de miércoles 19 al martes 25 de setiembre del 2018.

TABLA N° 7  
Índice medio diario (IMD) e Índice medio diario semanal (IMDs)

Día	Fecha	IMD
Miércoles	19/09/18	3559
Jueves	20/09/18	3814
Viernes	21/09/18	3827
Sábado	22/09/18	3844
Domingo	23/09/18	3850
Lunes	24/09/18	3873
Martes	25/09/18	3862
<b>PROMEDIO = IMDs</b>		<b>3804</b>

En esta tabla se resume el Índice Medio Diario (IMD) del tramo de pavimento flexible en estudio, obteniendo de estos datos el promedio lo que es equivalente al Índice Medio Diario semanal (IMDs).



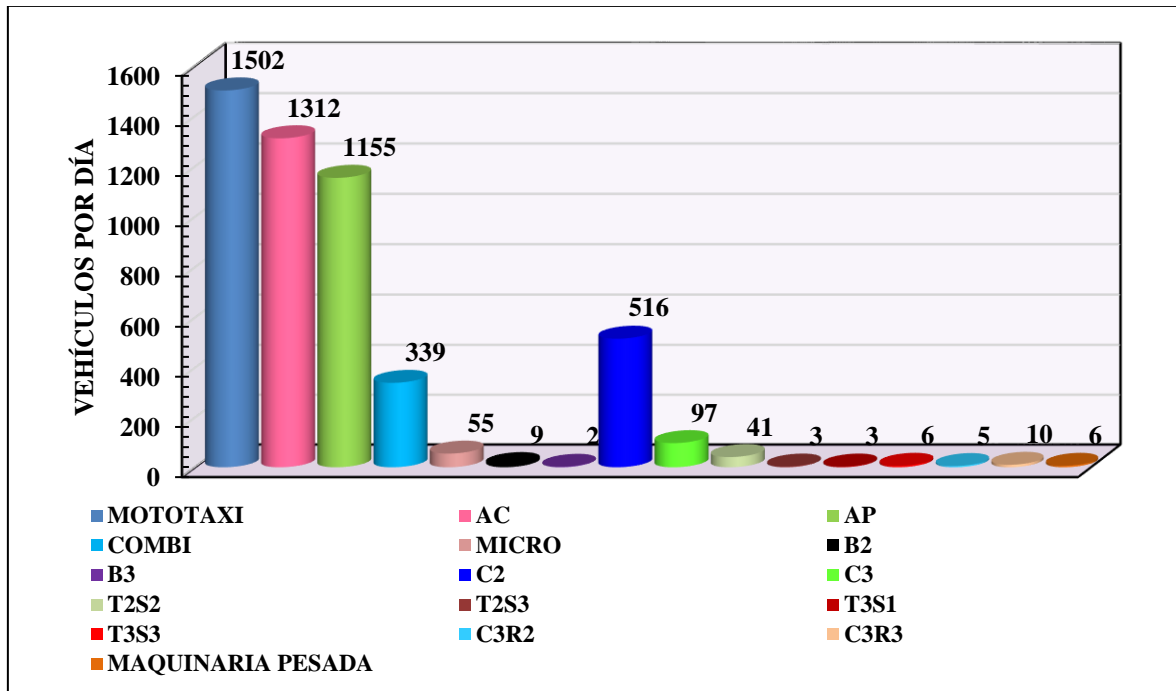


GRAFICO N° 1: Variación vehicular día miércoles.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día miércoles 19/0918 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

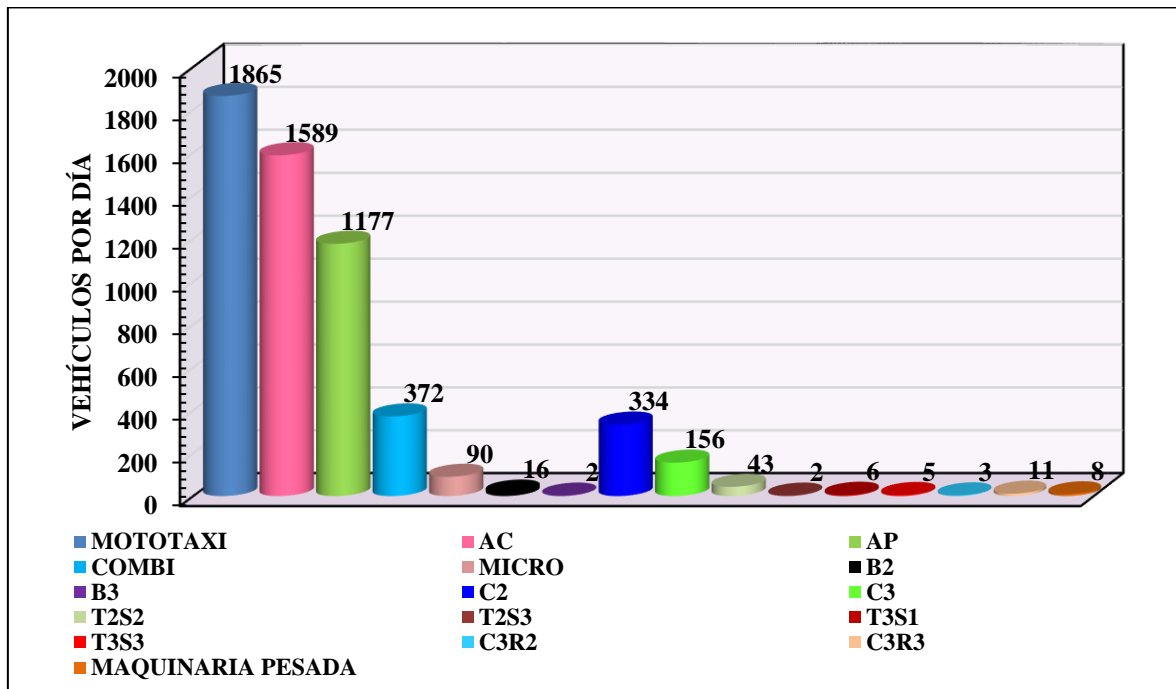


GRAFICO N° 2: Variación vehicular día jueves.

Variación vehicular día jueves. Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día jueves 20/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a moto taxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

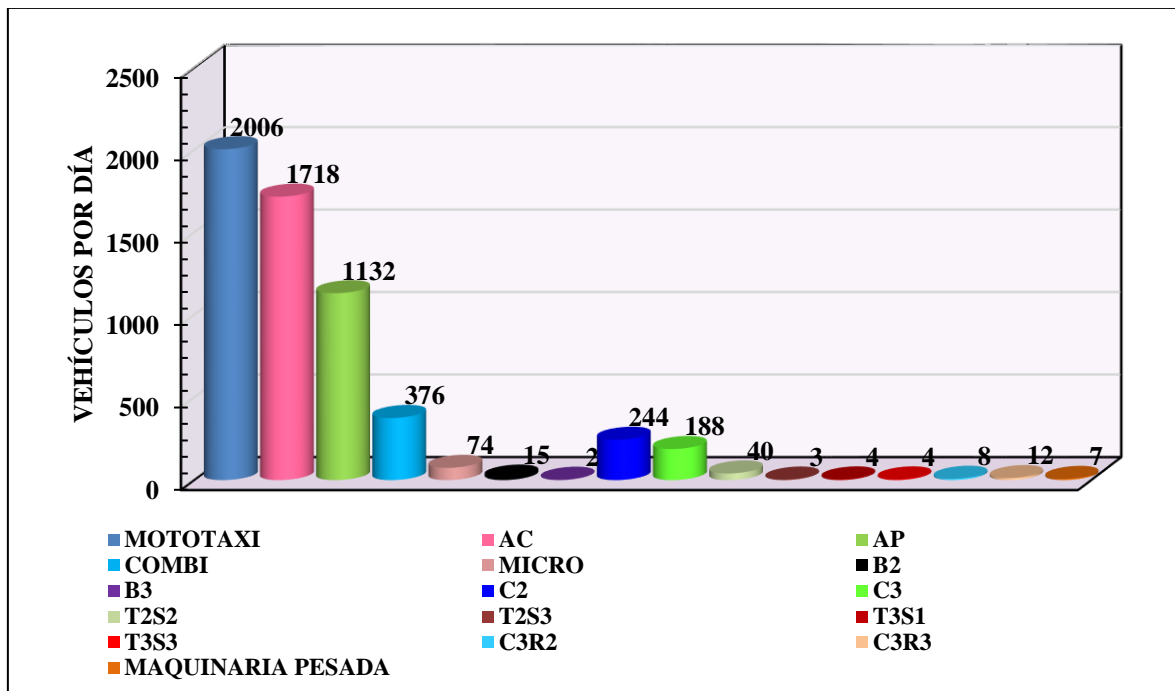


GRAFICO N° 3: Variación vehicular día viernes.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día viernes 21/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

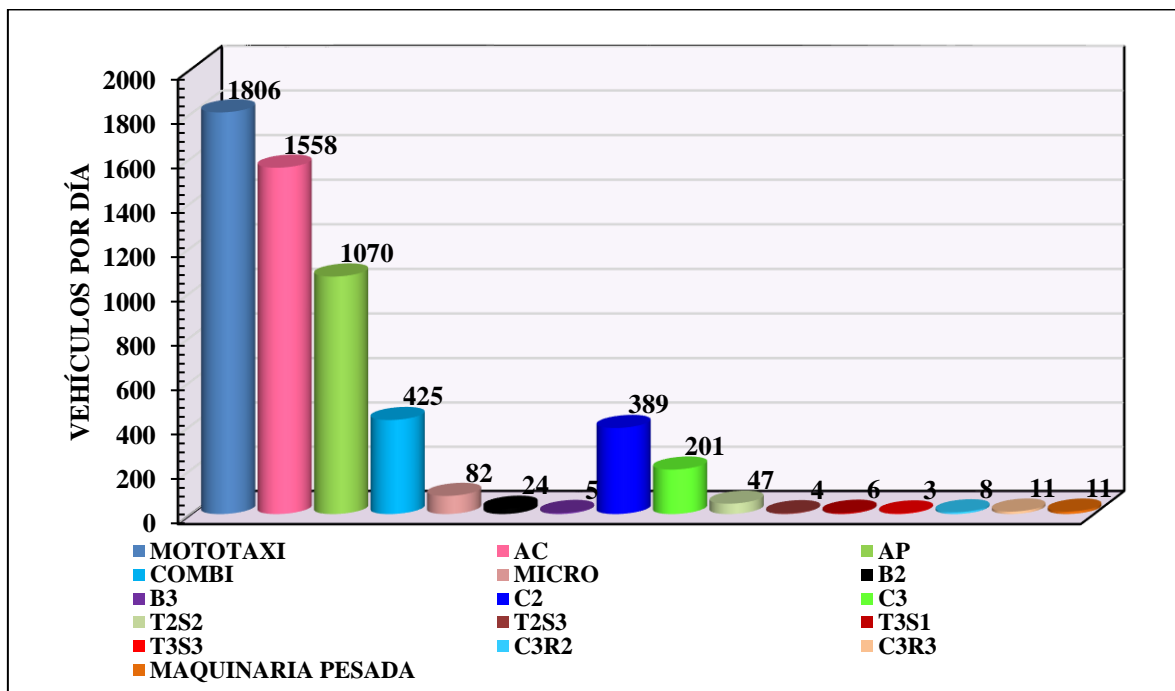


GRAFICO N° 4: Variación vehicular día sábado.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día sábado 22/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

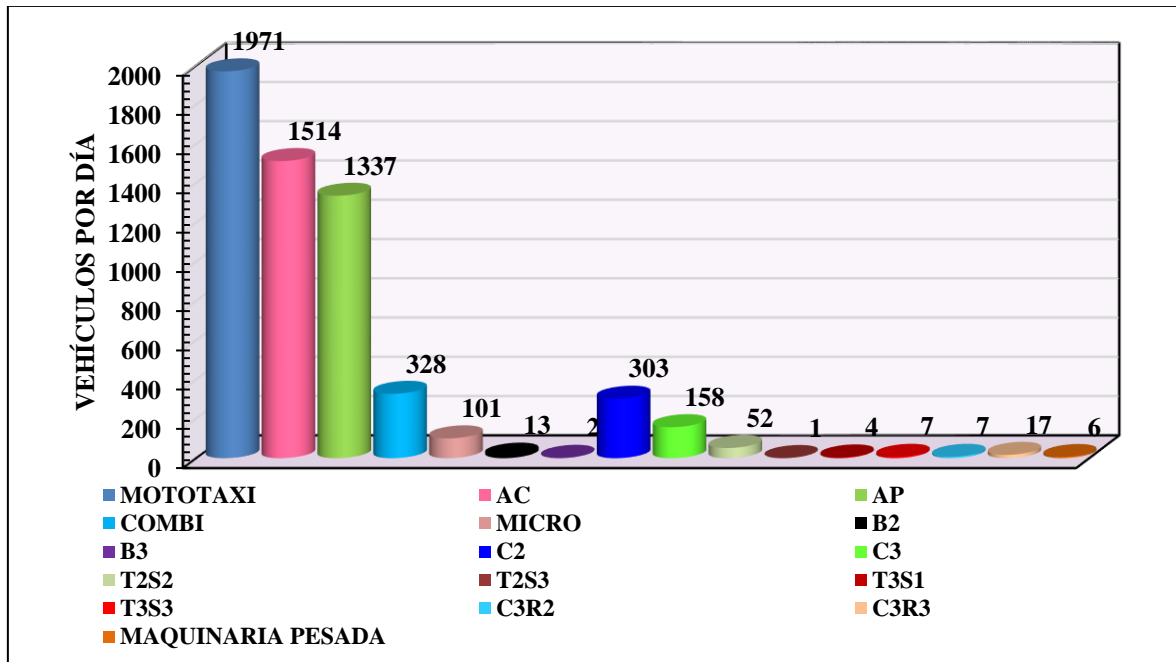


GRAFICO N° 5: Variación vehicular día domingo.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día domingo 23/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

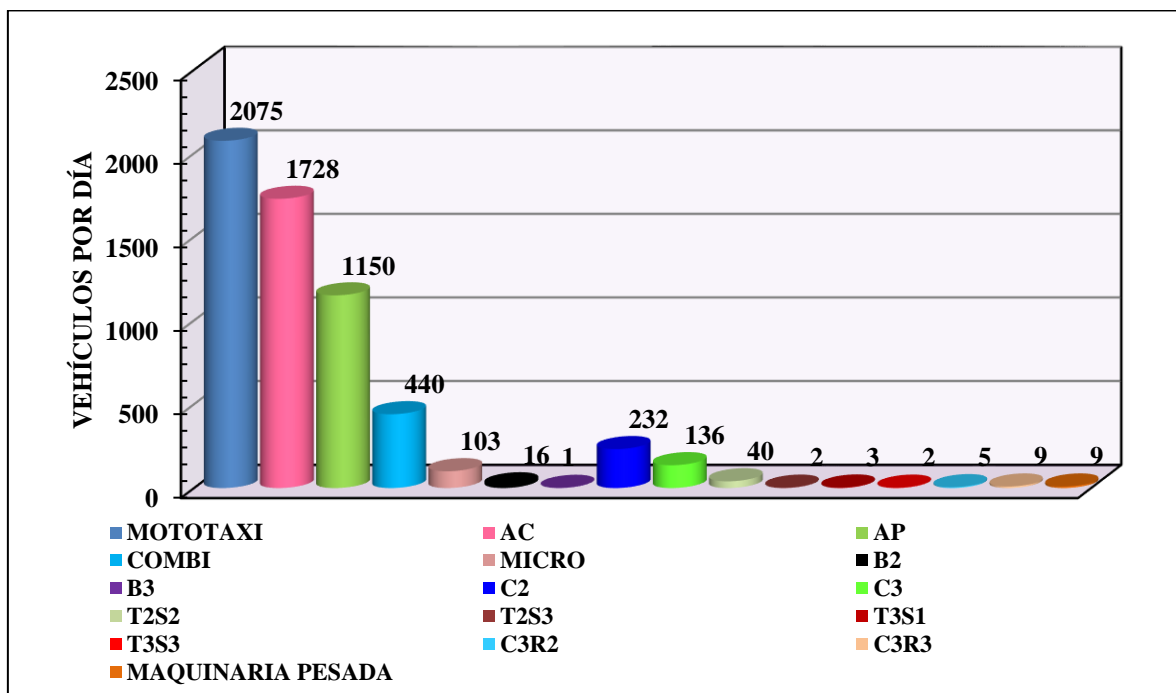


GRAFICO N° 6: Variación vehicular día lunes.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día lunes 24/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

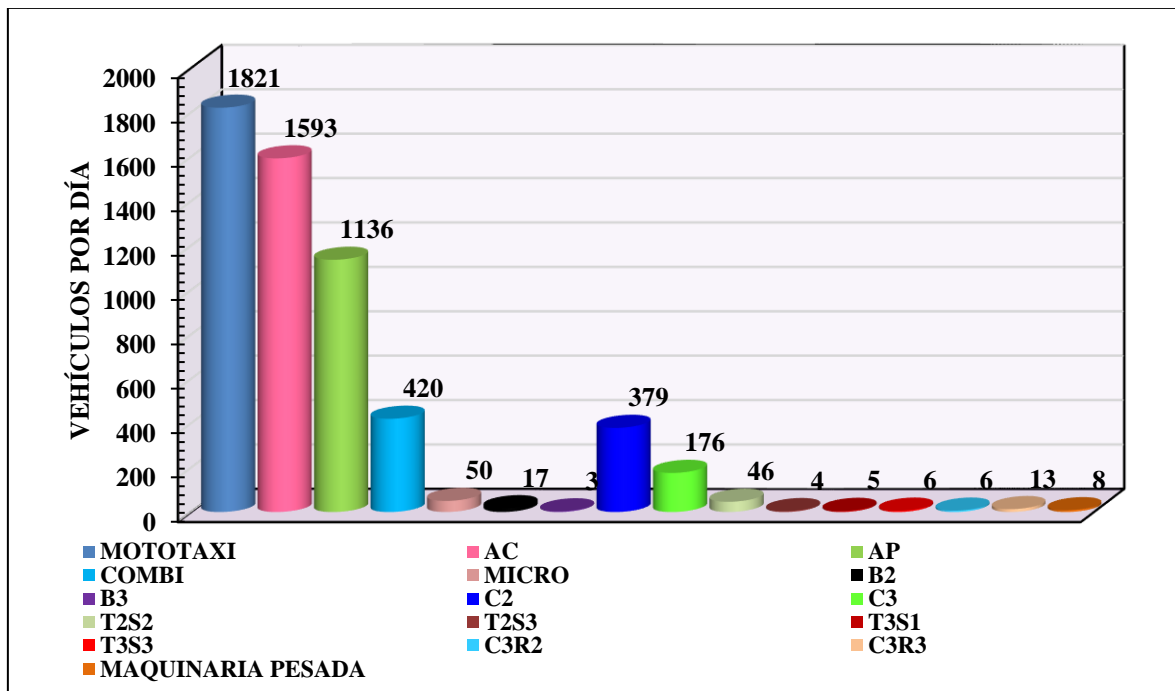


GRAFICO N° 7: Variación vehicular día martes.

Es un gráfico de barras donde se visualiza el flujo vehicular de acuerdo al tipo de vehículo, se puede ver que durante el día martes 25/09/18 la mayor parte de vehículos que circulan por la vía corresponde a mototaxis, las cuales no son consideradas en el conteo de IMD seguido de Ac(autos) y Ap (camionetas).

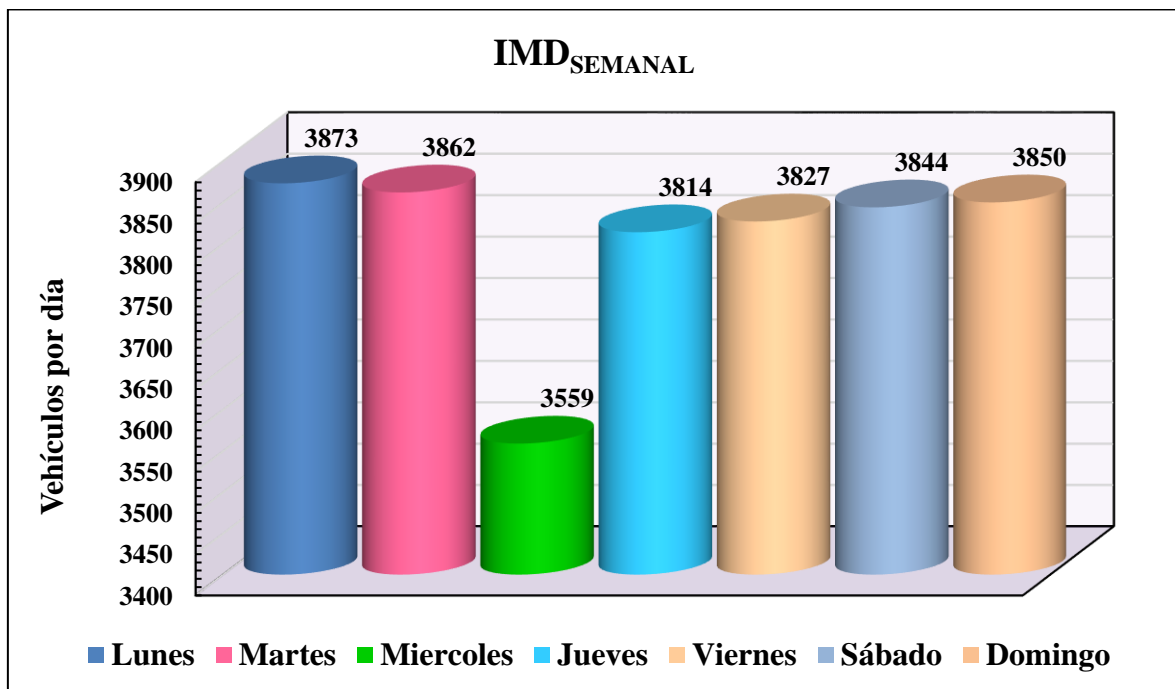


GRAFICO N° 8: Variación vehicular semanal.

En este gráfico se visualiza una variación constante del flujo vehicular; el día miércoles es el que tiene menos tráfico y el día domingo es el día más transitado.

### 3.8. Cálculo de EALS (ejes equivalentes a 8.2 Tn)

Se obtuvo el número de EALS para el pavimento en estudio según la ecuación y se presentan por día en los siguientes cuadros

TABLA N° 8

Cálculo del IMD para el día miércoles 19 de setiembre del 2018.

		MIÉRCOLES														PROM.	IMD/veh		
TIPO	Config.	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00				
Moto	L1															-	-		
Mototaxi	L5	L5	168	166	106	86	128	105	125	129	116	137	58	57	69	52	108	2592	
Camioneta	N1	N1	117	130	76	79	80	82	122	101	112	89	81	81	96	66	94	2256	
Auto/ combi/coaster	M1	M1	48	66	64	82	103	102	117	136	94	82	64	42	103	52	83	1992	
	M2	M2	10	19	27	26	43	37	52	42	22	15	15	9	20	2	25	600	
Camión	C2	C2	22	28	41	31	35	31	63	49	49	41	25	28	42	31	37	888	
	C3	C3	0	8	5	3	6	13	5	10	8	3	2	10	17	7	7	168	
	C4																	-	-
	8X4																	-	-
	T2S1																	-	-
	T2S2	T2S2	1	0	5	2	1	0	9	1	2	7	0	1	13	4	4	96	
	T2Se2																	-	-
	T2S3	T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	24
Semitraylers	T2Se3	T3S3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	24	
	T3S1	T3S1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	24	
	T3S2																	-	-
	T3Se2																	-	-
	T3S3																	-	-
	T3Se3																	-	-

	<b>C2R2</b>																	-	-		
	<b>C2R3</b>																		-	-	
	<b>C3R2</b>	C3R2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	1	1	1	24		
	<b>C3R3</b>	C3R3	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0	1	0	0	0	1	1	24		
	<b>C3R4</b>																		-	-	
	<b>C4R2</b>																		-	-	
	<b>C4R3</b>																		-	-	
	<b>8X4R2</b>																		-	-	
	<b>8X4R3</b>																		-	-	
	<b>8X4R4</b>																		-	-	
Traylers	<b>C2RB1</b>																		-	-	
	<b>C2RB2</b>																		-	-	
	<b>C3RB1</b>																		-	-	
	<b>C3RB2</b>																		-	-	
	<b>C4RB1</b>																		-	-	
	<b>C4RB2</b>																		-	-	
	<b>8X4RB1</b>																		-	-	
	<b>8X4RB2</b>																		-	-	
	<b>T3S2S2</b>																			-	-
	<b>T3Se2Se2</b>																			-	-
	<b>T3S2S1S2</b>																			-	-
	<b>T3Se2S1Se2</b>																			-	-
	Ómnibus	<b>B2</b>	B2	6	1	5	24	1	17	23	22	23	13	22	17	23	19	16	384		
		<b>B3-1</b>	B3-1	0	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	2	1	1	24		
<b>B4-1</b>		B3-1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24			
<b>BA-1</b>																			-	-	

Es un cuadro resumen de la cantidad de vehículos según el tipo, que pasa en cada hora; con este cuadro se puede obtener el IMD/ veh. Del día miércoles 19/09/18

TABLA N° 9

Cálculos de EALS para el día miércoles 19 de Setiembre del 2018

TIPO VEH.	Veh/Dia	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE dia-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	888.00	0.50	1.00	3.477	0.896	1383.298	33.07	365	16695122.78
C3	168.00	0.50	1.00	2.526	0.896	190.113	33.07	365	2294490.544
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	96.00	0.50	1.00	4.738	0.896	203.761	33.07	365	2459205.846
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.998	0.896	64.494	33.07	365	778383.3887
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
								EE=	<b>24,842,680</b>

TABLA N° 10  
Cálculo de IMD para el día jueves 20 de Setiembre del 2018

TIPO	Config.	JUEVES														PROM.	IMD/veh	
		6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00			
Moto	L1																-	-
Mototaxi	L5	L5	195	194	168	104	166	118	99	162	134	165	76	90	86	108	134	3216
Camioneta	N1	N1	165	182	120	85	87	67	86	123	142	100	111	67	147	107	114	2736
Auto/ combi/coaster	M1	M1	80	74	46	82	107	81	78	146	104	92	64	56	101	66	85	2040
	M2	M2	15	33	33	26	43	29	12	62	25	29	11	16	25	13	27	648
Camion	C2	C2	4	24	31	23	33	8	20	44	47	23	16	13	25	23	24	576
	C3	C3	3	8	11	9	14	13	0	12	10	23	19	10	14	10	12	288
	C4																-	-
	8X4																-	-
Semitraylers	T2S1																-	-
	T2S2	T2S2	5	1	0	3	3	0	0	1	2	7	3	1	13	4	4	96
	T2Se2																-	-
	T2S3	T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	24
	T2Se3	T3S3	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	24
	T3S1	T3S1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	24
	T3S2																-	-
	T3Se2																-	-
	T3S3																-	-
	T3Se3																-	-
Traylers	C2R2																-	-
	C2R3																-	-
	C3R2	C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	24
	C3R3	C3R3	0	1	3	3	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	24





TABLA N° 11  
Cálculo de EALS para el día jueves 20 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Dia	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE dia-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	576.00	0.50	1.00	3.477	0.896	897.274	33.07	365	10829268.83
C3	288.00	0.50	1.00	2.526	0.896	325.908	33.07	365	3933412.362
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	96.00	0.50	1.00	4.738	0.896	203.761	33.07	365	2459205.846
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.998	0.896	64.494	33.07	365	778383.3887
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									20,615,748

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día jueves 20/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.

TABLA N° 12

Cálculo de IMD para el día viernes 21 de setiembre del 2018.

TIPO	Confi g.	VIERNES															PRO M.	IMD/ve h			
		6:00 7:00	7:00 8:00	8:00 9:00	9:00 10:00 0	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 -1:00	1:00 2:00	2:00 3:00	3:00 4:00	4:00 5:00	5:00 6:00	6:00 7:00	7:00 8:00						
Moto	L1																	-	-		
Mototaxi	L5	L5	201	223	180	183	198	116	81	159	157	131	75	93	104	105	144	3456			
Camioneta	N1	N1	163	176	127	166	183	84	64	119	124	104	105	54	141	108	123	2952			
Auto	M1	M1	57	59	72	82	107	81	54	140	104	92	64	54	100	66	81	1944			
combi/ coaster	M2	M2	17	28	32	37	44	28	11	63	32	21	16	9	25	13	27	648			
	C2	C2	3	14	28	18	19	11	9	26	25	26	15	9	20	21	18	432			
Camion	C3	C3	9	7	8	9	18	20	0	25	16	20	19	10	15	12	14	336			
	C4																	-	-		
	8X4																		-	-	
	T2S1																		-	-	
	T2S2	T2S2	2	0	0	2	1	0	0	3	1	5	7	3	12	4	3	72			
	T2Se2																		-	-	
	T2S3	T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	24			
Semitrayle rs	T2Se3	T3S3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24			
	T3S1	T3S1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	24			
	T3S2																		-	-	
	T3Se2																			-	-
	T3S3																			-	-
	T3Se3																			-	-
Traylers	C2R2																			-	-
	C2R3																			-	-
	C3R2	C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	1	1	24			

	<b>C3R3</b>	C3R3	1	2	5	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	24
	<b>C3R4</b>																-	-
	<b>C4R2</b>																-	-
	<b>C4R3</b>																-	-
	<b>8X4R2</b>																-	-
	<b>8X4R3</b>																-	-
	<b>8X4R4</b>																-	-
	<b>C2RB1</b>																-	-
	<b>C2RB2</b>																-	-
	<b>C3RB1</b>																-	-
	<b>C3RB2</b>																-	-
	<b>C4RB1</b>																-	-
	<b>C4RB2</b>																-	-
	<b>8X4RB1</b>																-	-
	<b>8X4RB2</b>																-	-
	<b>T3S2S2</b>																-	-
	<b>T3Se2Se2</b>																-	-
	<b>T3S2S1S2</b>																-	-
	<b>T3Se2S1S</b>																-	-
	<b>e2</b>																-	-
	<b>B2</b>	B2	1	1	2	0	3										2	48
<b>Ómnibus</b>	<b>B3-1</b>	B3-1	1	0	0	1	0										1	24
	<b>B4-1</b>																-	-
	<b>BA-1</b>																-	-

Es un cuadro resumen de la cantidad de vehículos según el tipo, que pasa en cada hora con este cuadro se puede calcular IMD/Veh para el día viernes 21/09/18.

TABLA N° 13

Cálculo de EALS para el día viernes 21 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Dia	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE día-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	432.00	0.50	1.00	3.477	0.896	672.956	33.07	365	8121951.621
C3	336.00	0.50	1.00	2.526	0.896	380.226	33.07	365	4588981.088
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	72.00	0.50	1.00	4.738	0.896	152.821	33.07	365	1844404.385
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.998	0.896	64.494	33.07	365	778383.3887
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									<b>17,949,198</b>

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día viernes 21/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.

TABLA N° 14

Cálculo de IMD para el día sábado 22 de setiembre del 2018.

TIPO	Config.	SÁBADO														PROM	IMD/ve h	
		6:00- 7:00	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00 - 10:00 0	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12: 00- 1:00 0	1:00- 2:00	2:00- 3:00	3:00- 4:00	4:00- 5:00	5:00- 6:00	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00			
Moto	<b>L1</b>																-	-
Mototaxi	<b>L5</b>	L5	218	202	159	127	142	109	88	144	147	109	78	108	85	90	129	3096
Camioneta	<b>N1</b>	N1	158	174	105	138	92	72	54	113	84	106	112	65	145	113	110	2640
Auto/ combi/coaster	<b>M1</b>	M1	70	67	71	83	105	80	101	90	113	96	59	41	98	63	82	1968
	<b>M2</b>	M2	16	23	36	41	46	34	41	64	50	23	18	15	25	13	32	768
	<b>C2</b>	C2	4	12	30	30	40	11	39	54	57	26	35	15	23	29	29	696
Camión	<b>C3</b>	C3	8	10	9	12	20	20	0	20	18	26	26	9	12	11	15	360
	<b>C4</b>																-	-
	<b>8X4</b>																-	-
	<b>T2S1</b>																-	-
	<b>T2S2</b>	T2S2	2	0	0	5	6	0	0	2	3	3	4	3	15	4	4	96
	<b>T2Se2</b>																-	-
	<b>T2S3</b>	T2S3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	24
Semitraylers	<b>T2Se3</b>	T3S3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	24
	<b>T3S1</b>	T3S1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	24
	<b>T3S2</b>																-	-
	<b>T3Se2</b>																-	-
	<b>T3S3</b>																-	-
	<b>T3Se3</b>																-	-
	<b>C2R2</b>																-	-
	<b>C2R3</b>																-	-
Traylers	<b>C3R2</b>	C3R2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	2	0	1	24
	<b>C3R3</b>	C3R3	0	1	3	1	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1	24



TABLA N° 15

Cálculo de EALS para el día sábado 22 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Dia	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE dia-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	696.00	0.50	1.00	3.477	0.896	1084.206	33.07	365	13085366.5
C3	360.00	0.50	1.00	2.526	0.896	407.386	33.07	365	4916765.452
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	96.00	0.50	1.00	4.738	0.896	203.761	33.07	365	2459205.846
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.998	0.896	64.494	33.07	365	778383.3887
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									<b>23,855,199</b>

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día sábado 22/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.



TABLA N° 16  
Cálculo de IMD para el día domingo 23 de setiembre del 2018.

TIPO	Config.	DOMINGO														PRO M.	IMD/ve h	
		6:00- 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 1:00	1:00 - 2:00	2:00 - 3:00	3:00 - 4:00	4:00 - 5:00	5:00 - 6:00	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00			
Moto	<b>L1</b>																-	-
Mototaxi	<b>L5</b>	L5	229	202	162	157	176	110	114	134	139	166	113	92	86	91	141	3384
Camioneta	<b>N1</b>	N1	121	183	119	120	91	79	80	126	116	98	108	60	108	105	109	2616
Auto/	<b>M1</b>	M1	78	96	104	91	106	86	84	145	120	104	64	64	111	84	96	2304
Combi/coaster	<b>M2</b>	M2	17	26	36	26	24	32	5	62	24	15	15	10	23	13	24	576
	<b>C2</b>	C2	6	8	23	21	25	22	12	33	48	25	15	21	25	19	22	528
	<b>C3</b>	C3	8	7	13	9	13	16	1	11	10	21	19	9	12	9	12	288
Camión	<b>C4</b>																-	-
	<b>8X4</b>																-	-
	<b>T2S1</b>																-	-
	<b>T2S2</b>	T2S2	1	0	0	5	5	0	1	2	4	6	4	1	15	8	4	96
	<b>T2Se2</b>																-	-
	<b>T2S3</b>	T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	24
	<b>T2Se3</b>	T3S3	0	0	0	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	1	24
	<b>T3S1</b>	T3S1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	24
	<b>T3S2</b>																-	-
Semitraylers	<b>T3Se2</b>																-	-
	<b>T3S3</b>																-	-
	<b>T3Se3</b>																-	-
	<b>C2R2</b>																-	-
	<b>C2R3</b>																-	-
Traylers	<b>C3R2</b>	C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	2	1	1	24
	<b>C3R3</b>	C3R3	1	0	4	4	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	2	48



TABLA N° 17

Cálculo de EAS para el día domingo 23 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Día	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE día-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	528.00	0.50	1.00	3.477	0.896	822.501	33.07	365	9926829.758
C3	288.00	0.50	1.00	2.526	0.896	325.908	33.07	365	3933412.362
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	96.00	0.50	1.00	4.738	0.896	203.761	33.07	365	2459205.846
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	48.00	0.50	1.00	5.998	0.896	128.988	33.07	365	1556766.777
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									<b>20,491,692</b>

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día domingo 23/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.

TABLA N° 18

Cálculo de IMD para el día lunes 24 de setiembre del 2018.

TIPO	Confi g.	LUNES															PRO M.	IMD/ve h
		6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00			
		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	-1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00			
Moto	<b>L1</b>																	
Mototaxi	<b>L5</b>	<b>L5</b>	233	289	160	183	198	121	95	159	157	131	75	86	83	105	149	3576
Camioneta	<b>N1</b>	<b>N1</b>	157	194	124	168	185	59	70	121	126	106	107	60	141	110	124	2976
Auto/	<b>M1</b>	<b>M1</b>	59	73	82	84	109	78	90	113	106	94	66	45	83	68	83	1992
Combi/coaster	<b>M2</b>	<b>M2</b>	19	32	43	39	46	37	46	50	34	23	18	12	26	15	32	768
	<b>C2</b>	<b>C2</b>	7	13	17	17	18	14	16	20	19	22	17	17	16	19	17	408
	<b>C3</b>	<b>C3</b>	7	6	9	9	10	17	0	11	13	15	10	9	10	10	10	240
Camión	<b>C4</b>																	
	<b>8X4</b>																	
	<b>T2S1</b>																	
	<b>T2S2</b>	<b>T2S2</b>	2	0	0	2	1	0	0	3	1	5	7	1	14	4	3	72
	<b>T2Se2</b>																	
	<b>T2S3</b>	<b>T2S3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	24
	<b>T2Se3</b>	<b>T3S3</b>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24
	<b>T3S1</b>	<b>T3S1</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	24
Semitraylers	<b>T3S2</b>																	
	<b>T3Se2</b>																	
	<b>T3S3</b>																	
	<b>T3Se3</b>																	
Traylers	<b>C2R2</b>																	
	<b>C2R3</b>																	
	<b>C3R2</b>	<b>C3R2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	24

	<b>C3R3</b>	<b>C3R3</b>	1	2	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	24
	<b>C3R4</b>																-	-
	<b>C4R2</b>																-	-
	<b>C4R3</b>																-	-
	<b>8X4R2</b>																-	-
	<b>8X4R3</b>																-	-
	<b>8X4R4</b>																-	-
	<b>C2RB1</b>																-	-
	<b>C2RB2</b>																-	-
	<b>C3RB1</b>																-	-
	<b>C3RB2</b>																-	-
	<b>C4RB1</b>																-	-
	<b>C4RB2</b>																-	-
	<b>8X4RB1</b>																-	-
	<b>8X4RB2</b>																-	-
	<b>T3S2S2</b>																-	-
	<b>T3Se2Se2</b>																-	-
	<b>T3S2S1S2</b>																-	-
	<b>T3Se2S1S</b>																-	-
	<b>e2</b>																-	-
	<b>B2</b>	<b>B2</b>	5	1	6	10	12	19	10	6	7	6	3	0	12	6	8	192
	<b>B3-1</b>	<b>B3-1</b>	1	2	3	0	3	1	2	0	0	0	2	0	1	1	2	48
Ómnibus	<b>B4-1</b>	<b>B3-1</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24
	<b>BA-1</b>																-	-

TABLA N° 19  
Cálculo de EALS para el día lunes 24 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Dia	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE dia-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	408.00	0.50	1.00	3.477	0.896	635.569	33.07	365	7670732.086
C3	240.00	0.50	1.00	2.526	0.896	271.590	33.07	365	3277843.635
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	72.00	0.50	1.00	4.738	0.896	152.821	33.07	365	1844404.385
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.710	0.896	50.637	33.07	365	611146.3959
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.758	0.896	40.410	33.07	365	487711.2248
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.738	0.896	50.940	33.07	365	614801.4616
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.950	0.896	74.721	33.07	365	901818.5597
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.998	0.896	64.494	33.07	365	778383.3887
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									16,186,841

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día lunes 24/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.

TABLA N° 20  
Cálculo de IMD para el día martes 25 de setiembre del 2018.

TIPO	Config.	MARTES														PRO M.	IMD/veh	
		6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 1:00	1:00 - 2:00	2:00 - 3:00	3:00 - 4:00	4:00 - 5:00	5:00 - 6:00	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00			
Mototaxi	L5	L5	196	187	159	121	154	108	108	151	127	159	77	86	83	105	131	3144
Camioneta	N1	N1	152	183	117	140	94	69	60	116	137	105	114	58	139	109	114	2736
Auto/ combi/coaster	M1	M1	60	66	69	81	102	76	47	146	104	92	64	63	100	66	82	1968
	M2	M2	13	24	34	29	50	33	53	65	27	15	24	10	24	19	30	720
	C2	C2	17	23	25	29	31	36	23	37	41	29	22	17	26	23	28	672
Camion	C3	C3	5	10	9	10	18	16	6	15	11	24	20	9	12	11	13	312
	C4																-	-
	8X4																	-
	T2S1																	-
	T2S2	T2S2	3	0	2	5	5	0	1	2	1	5	2	1	13	6	4	96
	T2Se2																	-
	T2S3	T2S3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	24
	T2Se3	T3S3	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24
	T3S1	T3S1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	24
	T3S2																	-
Semitraylers	T3Se2																	-
	T3S3																	-
	T3Se3																	-
	C2R2																	-
	C2R3																	-
Traylers	C3R2	C3R2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	24
	C3R3	C3R3	0	1	5	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	1	1	24
	C3R4																	-





TABLA N° 21  
Cálculo de EALS para el día martes 25 de setiembre del 2018.

TIPO VEH.	Veh/Día	F. Dirección	F. carril	Fvp	Fpi	EE dia-carril	Fca	año	N° rep EE
C2	672.00	0.50	1.00	3.47	0.89				12634146.9
				7	6	1046.820	33.07	365	7
C3	312.00	0.50	1.00	2.52	0.89				4261196.72
				6	6	353.067	33.07	365	5
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S2	96.00	0.50	1.00	4.73	0.89				2459205.84
				8	6	203.761	33.07	365	6
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
T2S3	24.00	0.50	1.00	4.71	0.89				611146.395
				0	6	50.637	33.07	365	9
T3S3	24.00	0.50	1.00	3.75	0.89				487711.224
				8	6	40.410	33.07	365	8
T3S1	24.00	0.50	1.00	4.73	0.89				614801.461
				8	6	50.940	33.07	365	6
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C3R2	24.00	0.50	1.00	6.95	0.89				901818.559
				0	6	74.721	33.07	365	7
C3R3	24.00	0.50	1.00	5.99	0.89				778383.388
				8	6	64.494	33.07	365	7
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
EE=									<b>22,748,411</b>

Es una tabla en donde se aplicaron las fórmulas expresadas en las ecuaciones 2.4.2.4.7,8,9 y 10, en la última columna se visualiza la cantidad de ejes equivalentes existen de acuerdo al estudio de tráfico para el día martes 25/09/18 según el tipo de vehículo, donde Fvp: factor vehículo pesado Fpi: factor ajuste por presión de neumáticos.

Luego de haber procesado con las respectivas fórmulas la contabilización del tráfico en las horas pico se puede hallar IMD y un número de EALS para el pavimento en estudio. Se obtuvo el:

Nº EALS TOTAL=20,955,681

TABLA Nº 22  
Número de EALS para el pavimento en estudio.

DÍA	FECHA	Nº EEALS
	19/09/2018	24,842,680
	20/09/2018	20,615,748
	21/09/2018	17,949,198
	22/09/2018	23,855,199
	23/09/2018	20,491,692
	24/09/2018	16,186,841
	25/09/2018	22,748,411
<b>PROMEDIO</b>		<b>20,955,681</b>

Es una tabla resumen de los EALS obtenidos a lo largo de 7 días, cuyos valores al promediarse se obtiene el EAL para el pavimento estudiado

### 3.9. Factor de corrección de temperatura

Aplicando la ecuación Nº 01 la figura Nº 07 y Nº 08 se tiene el siguiente cuadro resumen:

TABLA Nº 23  
Temperatura del pavimento.

TEMPERATURA PROMEDIO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	TEMPERATURA PROMEDIO DEL AMBIENTE	TEMPERATURA DE ENTRADA EN EL PRIMER ÀBACO (T°)	ESPESOR DE LA CAPA ASFÀLTICA (mm)
32.37	16.01	48.38	75
TEMPERATURA EN EL FONDO DEL PAVIMENTO (C°)	TEMPERATURA EN LA MITAD DEL PAVIMENTO (C°)	TEMPERATURA MEDIA DEL PAVIMENTO	FACTOR DE CORRECCION DE TEMPERATURA
105	99	79	0.92

La temperatura superficial del pavimento es el promedio de todas las temperaturas medidas en el pavimento, la temperatura promedio del ambiente es lo expuesto en la ecuación Nº 01 .T° es la temperatura con la que se ingresara al àbaco correspondiente a la figura Nº 07 se calculara la temperatura en el fondo 105°C y en la mitad de la capa de rodadura de 99°C como se indica en esta tablas con estos datos esta la temperatura media del pavimento de 79 °C con este valor y el espesor de capa de rodadura se obtuvo el factor de corrección de temperatura de 0.92.

Usando los siguientes ábacos y la información de la tabla anterior como la temperatura del pavimento a la mitad y al fondo de la capa asfáltica se obtiene

- Temperatura a la mitad del pavimento: 105 °C
- Temperatura en el fondo del pavimento: 99°C
- Temperatura media del pavimento: 79°C
- Espesor de la carpeta asfáltica: 7.5m = 75mm
- Se tiene un factor de corrección de temperatura de **0.92**

Cálculo de la temperatura en el fondo de la carpeta asfáltica 7.5cm o a 75mm

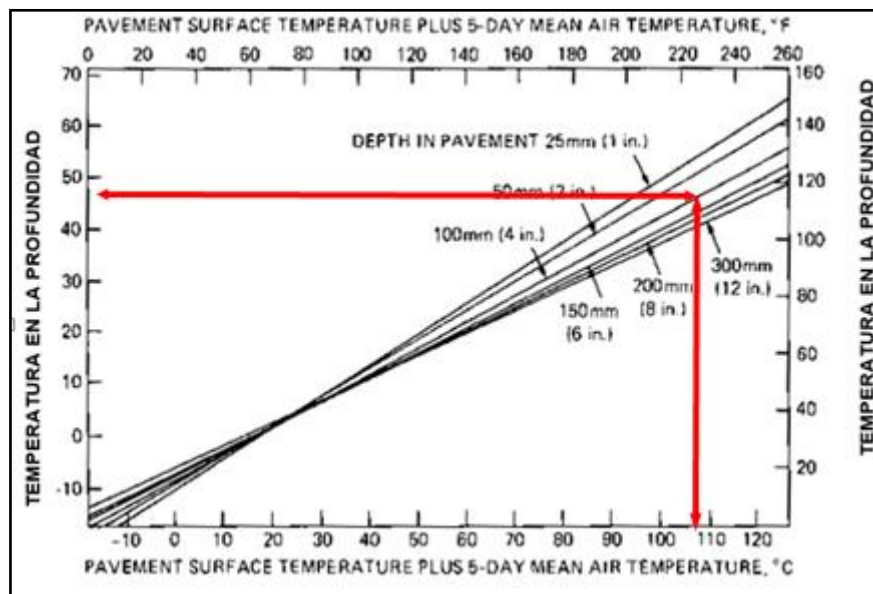


FIGURA N° 16: Cálculo de la temperatura en el fondo de la carpeta asfáltica H7.5 cm o 75 mm

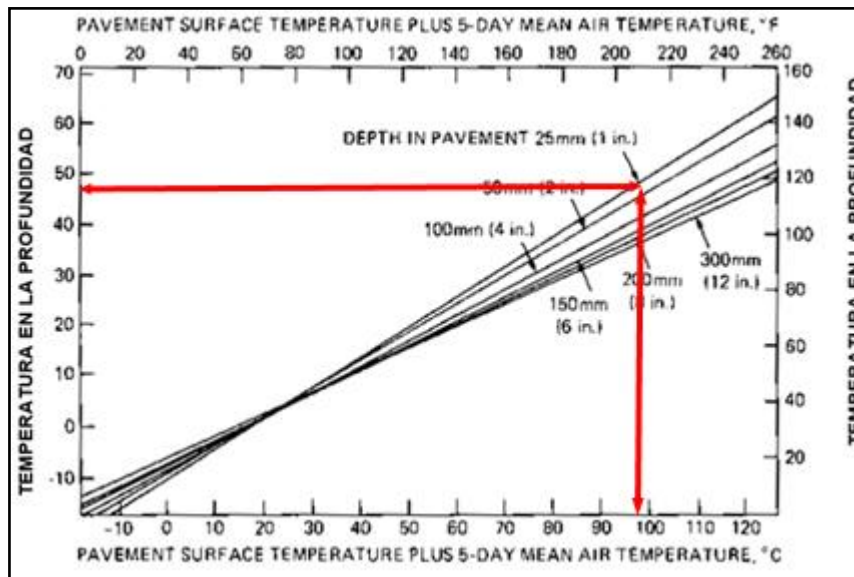


FIGURA N° 17: Cálculo de la temperatura a la mitad de la carpeta asfáltica 3.5cm o a 35mm.

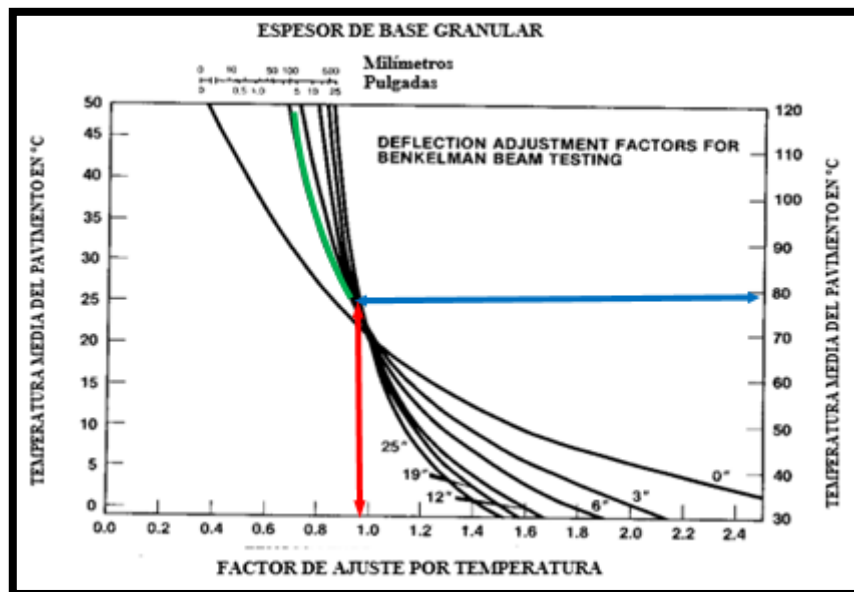


FIGURA N° 18: Cálculo del factor de corrección de la temperatura.

### 3.10. Procesamiento de las deflexiones

De la toma de deflexiones  $L_0, L_{25}, L_{50}, L_{75}$  aplicando la corrección de temperatura obtenemos  $D_0, D_{25}, D_{50}, D_{75}$  donde se aplicó la fórmula N°02 para el factor de corrección de temperatura y se obtuvo un radio de curvatura se muestran en las siguientes tablas:

TABLA N° 24

*Deflexiones del carril N - S en la Av. Industrial – Iscoconga.*

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL						SEGUNDO DIAL $L_1$ 0.01 mm	$L_2$ 0.01 mm	PARÁMETROS DE EVALUACION			ESP C.A	TEMP ° C
	PRIMER DIAL $L-0$ 0.01 mm	$L-25$ 0.01 mm	$L-50$ 0.01 mm	$L-75$ 0.01 mm	$L-100$ 0.01 mm	$L-500$ 0.01 mm			$D_0$ (0.01 mm)	$D_{25}$ (0.01 mm)	$R_c$ (m)		
	<b>00+050</b>	0.0	2.0	3.0	4.0	10.0			17.0	0.0	5.0		
<b>00+100</b>	0.0	2.0	3.0	5.0	12.0	18.0	0.0	9.0	70	35	89	7.5	23.30
<b>00+150</b>	0.0	7.0	9.0	12.0	14.0	15.0	0.0	8.0	59	31	114	7.5	22.20
<b>00+200</b>	0.0	6.0	8.0	10.0	12.0	13.0	0.0	7.0	50	27	136	7.5	25.10
<b>00+250</b>	0.0	2.0	6.0	8.0	11.0	14.0	0.0	9.0	53	34	164	7.5	25.40
<b>00+300</b>	0.0	2.0	4.0	9.0	11.0	13.0	0.0	10.0	50	38	273	7.5	25.60
<b>00+350</b>	0.0	2.0	5.0	9.0	12.0	14.0	0.0	8.0	53	30	137	7.5	25.70
<b>00+400</b>	0.0	3.0	6.0	8.0	9.0	10.0	0.0	6.0	38	23	207	7.5	26.60
<b>00+450</b>	0.0	2.0	6.0	10.0	12.0	14.0	0.0	8.0	54	31	136	7.5	25.30
<b>00+500</b>	0.0	3.0	8.0	11.0	15.0	27.0	0.0	21.0	103	80	136	7.5	25.30
<b>00+550</b>	0.0	4.0	10.0	15.0	18.0	23.0	0.0	18.0	88	69	164	7.5	25.40
<b>00+600</b>	0.0	1.0	3.0	6.0	8.0	10.0	0.0	6.0	38	23	206	7.5	26.10
<b>00+650</b>	0.0	2.0	10.0	15.0	16.0	18.0	0.0	11.0	67	41	119	7.5	27.70
<b>00+700</b>	0.0	4.0	10.0	12.0	16.0	20.0	0.0	15.0	75	56	166	7.5	27.40
<b>00+750</b>	0.0	4.0	6.0	10.0	17.0	25.0	0.0	20.0	94	75	167	7.5	27.70
<b>00+800</b>	0.0	4.0	3.0	10.0	16.0	24.0	0.0	15.0	92	58	90	7.5	24.70
<b>00+850</b>	0.0	2.0	5.0	10.0	17.0	24.0	0.0	16.0	89	60	105	7.5	28.40
<b>00+900</b>	0.0	4.0	8.0	10.0	14.0	19.0	0.0	14.0	70	52	170	7.5	29.70
<b>00+950</b>	0.0	5.0	10.0	13.0	19.0	28.0	0.0	17.0	106	64	75	7.5	26.30
<b>01+000</b>	0.0	3.0	5.0	8.0	12.0	19.0	0.0	13.0	71	49	139	7.5	28.10

01+050	0.0	4.0	7.0	9.0	15.0	22.0	0.0	16.0	82	60	140	7.5	28.30
01+100	0.0	2.0	5.0	8.0	10.0	14.0	0.0	9.0	52	34	168	7.5	28.50
01+150	0.0	2.0	5.0	8.0	11.0	14.0	0.0	10.0	51	37	213	7.5	30.20
01+200	0.0	3.0	5.0	9.0	12.0	16.0	0.0	9.0	59	33	122	7.5	30.30
01+250	0.0	4.0	6.0	8.0	14.0	19.0	0.0	11.0	69	40	107	7.5	30.70
01+300	0.0	5.0	8.0	10.0	18.0	31.0	0.0	15.0	114	55	53	7.5	30.00
01+350	0.0	4.0	8.0	13.0	18.0	26.0	0.0	16.0	95	59	85	7.5	30.20
01+400	0.0	4.0	6.0	10.0	12.0	14.0	0.0	4.0	51	15	86	7.5	31.10
01+450	0.0	4.0	10.0	13.0	16.0	20.0	0.0	9.0	74	33	77	7.5	29.40
01+500	0.0	5.0	9.0	12.0	16.0	22.0	0.0	15.0	84	58	116	7.5	24.80
01+550	0.0	3.0	5.0	7.0	8.0	9.0	0.0	5.0	35	19	202	7.5	23.80
01+600	0.0	3.0	8.0	10.0	15.0	21.0	0.0	12.0	81	46	90	7.5	24.10
01+650	0.0	1.0	2.0	5.0	8.0	11.0	0.0	4.0	41	15	119	7.5	27.30
01+700	0.0	4.0	8.0	15.0	22.0	29.0	0.0	15.0	108	56	60	7.5	28.20
01+750	0.0	2.0	9.0	13.0	16.0	20.0	0.0	11.0	75	41	92	7.5	27.20
01+800	0.0	2.0	9.0	12.0	14.0	16.0	0.0	9.0	57	32	125	7.5	34.10
01+850	0.0	5.0	10.0	19.0	25.0	30.0	0.0	16.0	107	57	63	7.5	33.80
01+900	0.0	4.0	8.0	10.0	13.0	15.0	0.0	5.0	54	18	87	7.5	33.10
01+950	0.0	2.0	5.0	12.0	17.0	25.0	0.0	13.0	89	46	73	7.5	33.60
02+000	0.0	2.0	9.0	12.0	16.0	20.0	0.0	11.0	71	39	98	7.5	35.00
02+050	0.0	4.0	9.0	12.0	18.0	28.0	0.0	15.0	100	54	67	7.5	33.10
02+100	0.0	4.0	9.0	12.0	19.0	29.0	0.0	19.0	103	67	88	7.5	34.40
02+150	0.0	4.0	8.0	12.0	17.0	26.0	0.0	13.0	93	47	67	7.5	33.30
02+200	0.0	4.0	6.0	10.0	14.0	18.0	0.0	11.0	64	39	126	7.5	34.30
02+250	0.0	4.0	8.0	12.0	15.0	20.0	0.0	15.0	71	54	175	7.5	33.60
02+300	0.0	4.0	9.0	12.0	15.0	19.0	0.0	10.0	68	36	98	7.5	34.10
02+350	0.0	4.0	8.0	12.0	14.0	19.0	0.0	10.0	68	36	98	7.5	34.20
02+400	0.0	9.0	12.0	17.0	19.0	20.0	0.0	13.0	71	46	126	7.5	34.70
02+450	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	21.0	0.0	15.0	74	53	147	7.5	34.80
02+500	0.0	3.0	7.0	9.0	14.0	17.0	0.0	8.0	61	29	97	7.5	33.30
02+550	0.0	2.0	9.0	12.0	17.0	24.0	0.0	11.0	85	39	68	7.5	34.80
02+600	0.0	3.0	10.0	14.0	18.0	28.0	0.0	13.0	99	46	59	7.5	34.90
02+650	0.0	5.0	10.0	12.0	16.0	22.0	0.0	16.0	78	57	147	7.5	35.00
02+700	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0	0.0	5.0	28	18	294	7.5	34.80
02+750	0.0	4.0	5.0	7.0	10.0	12.0	0.0	6.0	42	21	147	7.5	34.90
02+800	0.0	3.0	6.0	7.0	8.0	9.0	0.0	4.0	32	14	176	7.5	34.60

<b>02+850</b>	0.0	2.0	4.0	8.0	9.0	10.0	0.0	3.0	35	11	126	7.5	34.50
<b>02+900</b>	0.0	2.0	5.0	6.0	7.0	8.0	0.0	6.0	29	22	436	7.5	33.20
<b>02+950</b>	0.0	1.0	4.0	5.0	6.0	8.0	0.0	3.0	29	11	174	7.5	33.10
<b>03+000</b>	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	39	22	174	7.5	33.12
<b>03+050</b>	0.0	2.0	5.0	7.0	13.0	19.0	0.0	3.0	67	11	55	7.5	35.00
<b>03+100</b>	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	3.0	18	11	441	7.5	34.70
<b>03+150</b>	0.0	2.0	7.0	9.0	10.0	11.0	0.0	10.0	39	35	883	7.5	34.90
<b>03+200</b>	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0	11.0	0.0	6.0	39	21	176	7.5	34.80
<b>03+250</b>	0.0	2.0	4.0	7.0	11.0	15.0	0.0	7.0	53	25	110	7.5	34.10
<b>03+300</b>	0.0	2.0	5.0	9.0	11.0	13.0	0.0	8.0	46	28	176	7.5	34.60
<b>03+350</b>	0.0	1.0	2.0	5.0	6.0	8.0	0.0	4.0	28	14	221	7.5	34.90
<b>03+400</b>	0.0	2.0	3.0	8.0	9.0	11.0	0.0	6.0	39	21	176	7.5	34.70
<b>03+450</b>	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.0	1.0	25	4	147	7.5	34.80
<b>03+500</b>	0.0	2.0	2.0	3.0	5.0	7.0	0.0	4.0	25	14	294	7.5	34.60
<b>03+550</b>	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0	0.0	2.0	21	7	221	7.5	35.00
<b>03+600</b>	0.0	4.0	6.0	8.0	12.0	16.0	0.0	7.0	57	25	98	7.5	34.60
<b>03+650</b>	0.0	3.0	5.0	9.0	10.0	11.0	0.0	6.0	39	22	174	7.5	33.10
<b>03+700</b>	0.0	1.0	1.0	3.0	4.0	5.0	0.0	2.0	18	7	295	7.5	35.00
<b>03+750</b>	0.0	1.0	1.0	4.0	7.0	10.0	0.0	5.0	35	18	177	7.5	34.90
<b>03+800</b>	0.0	2.0	3.0	5.0	12.0	20.0	0.0	12.0	71	43	110	7.5	34.60
<b>03+850</b>	0.0	1.0	4.0	7.0	9.0	12.0	0.0	9.0	42	32	294	7.5	34.80
<b>03+900</b>	0.0	1.0	4.0	7.0	10.0	13.0	0.0	7.0	46	25	146	7.5	34.00
<b>03+950</b>	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	4.0	18	14	878	7.5	34.20
<b>04+000</b>	0.0	2.0	5.0	7.0	8.0	9.0	0.0	4.0	32	14	176	7.5	34.30
<b>04+050</b>	0.0	2.0	4.0	5.0	7.0	9.0	0.0	6.0	32	22	290	7.5	32.90
<b>04+100</b>	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	4.0	18	14	874	7.5	33.60
<b>04+150</b>	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	5.0	21	18	880	7.5	34.50
<b>04+200</b>	0.0	2.0	4.0	7.0	8.0	10.0	0.0	5.0	35	18	176	7.5	34.80
<b>04+250</b>	0.0	2.0	5.0	7.0	9.0	11.0	0.0	10.0	39	36	879	7.5	34.30
<b>04+300</b>	0.0	1.0	4.0	7.0	9.0	11.0	0.0	5.0	39	18	147	7.5	34.80
<b>04+350</b>	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	8.0	0.0	5.0	29	18	292	7.5	33.80
<b>04+400</b>	0.0	2.0	3.0	7.0	8.0	10.0	0.0	6.0	36	21	219	7.5	33.70
<b>04+450</b>	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.0	3.0	25	11	219	7.5	33.60
<b>04+500</b>	0.0	2.0	5.0	7.0	11.0	14.0	0.0	8.0	50	28	147	7.5	35.00
<b>04+550</b>	0.0	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	0.0	5.0	28	18	294	7.5	34.80

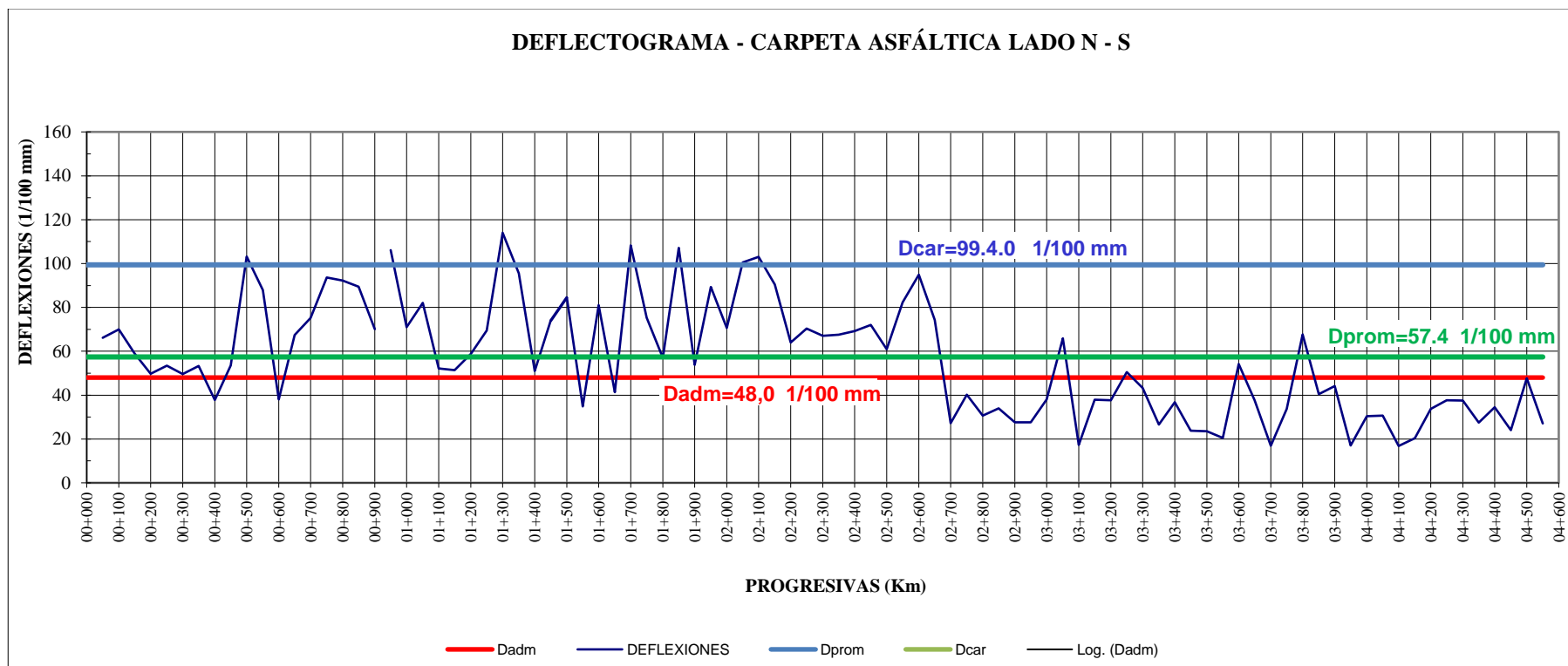


GRAFICO N° 9: Deflectograma carril N-S en la Av. Industrial - Iscoconga.



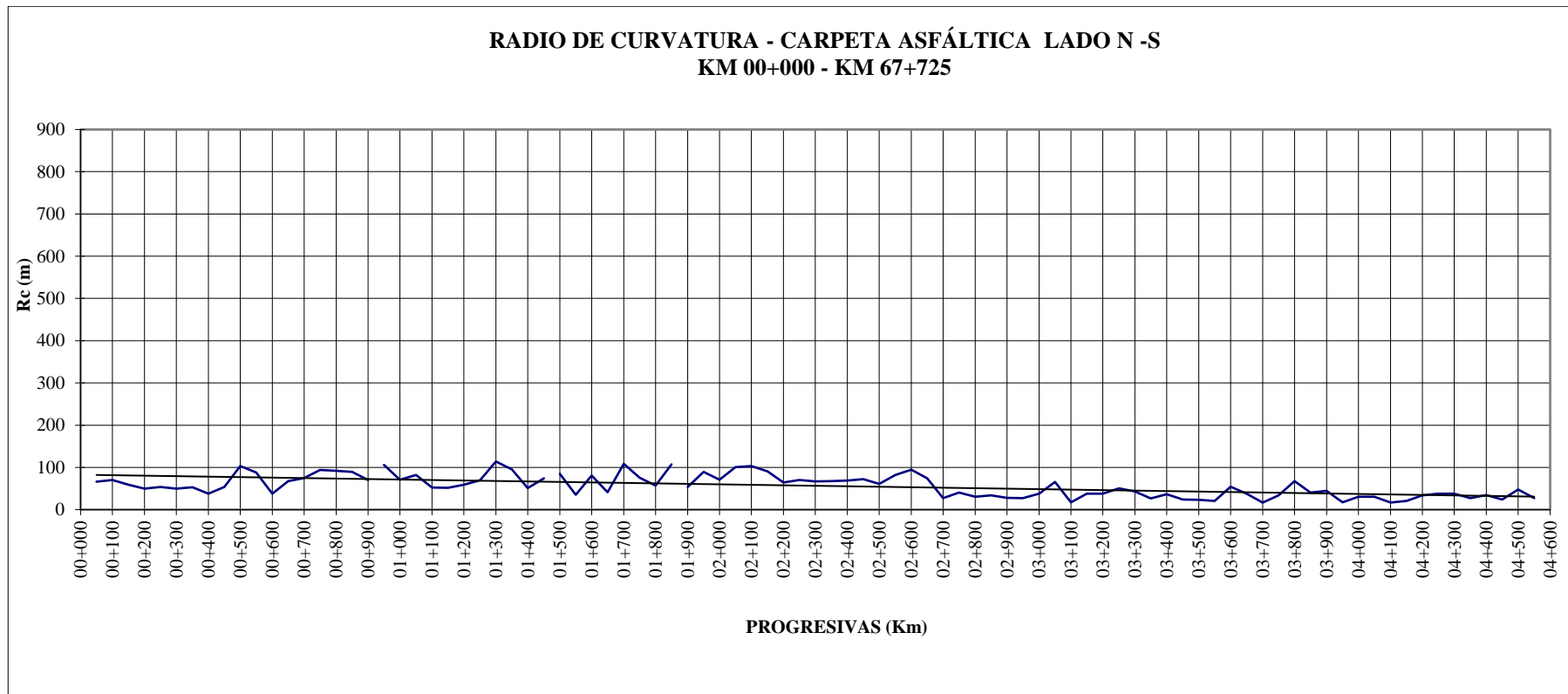


GRAFICO N° 10: Radio Curvatura N-S en la Av. Industrial – Iscoconga.

TABLA N° 25  
Deflexiones del carril S - N en la Av. Industrial – Iscoconga.

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL							PARÁMETROS DE EVALUACION			ESP C.A	TEMP ° C	
	PRIMER DIAL	SEGUNDO DIAL						Do (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (m)			
	L-0	L-25	L-50	L-75	L-100	L-500	L <sub>1</sub>						L <sub>2</sub>
0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm					
00+050	0.0	2.0	4.0	5.0	7.0	9.0	0.0	4.0	35	15	162	7.5	24.10
00+100	0.0	2.0	4.0	5.0	11.0	16.0	0.0	8.0	62	31	101	7.5	24.30
00+150	0.0	5.0	9.0	13.0	14.0	15.0	0.0	7.0	58	27	101	7.5	24.20
00+200	0.0	2.0	4.0	8.0	9.0	10.0	0.0	4.0	38	15	136	7.5	25.30
00+250	0.0	2.0	6.0	7.0	10.0	14.0	0.0	8.0	53	31	136	7.5	25.40
00+300	0.0	2.0	5.0	8.0	9.0	10.0	0.0	6.0	38	23	205	7.5	25.60
00+350	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	3.0	19	11	410	7.5	25.70
00+400	0.0	3.0	6.0	8.0	9.0	10.0	0.0	4.0	38	15	138	7.5	26.60
00+450	0.0	2.0	5.0	11.0	12.0	13.0	0.0	7.0	50	27	136	7.5	25.30
00+500	0.0	3.0	8.0	11.0	15.0	27.0	0.0	15.0	103	57	68	7.5	25.30
00+550	0.0	3.0	10.0	12.0	13.0	14.0	0.0	10.0	53	38	205	7.5	25.40
00+600	0.0	1.0	2.0	7.0	8.0	10.0	0.0	6.0	38	23	206	7.5	26.10
00+650	0.0	2.0	5.0	6.0	7.0	9.0	0.0	5.0	34	19	206	7.5	26.40
00+700	0.0	4.0	11.0	12.0	15.0	19.0	0.0	11.0	71	41	104	7.5	27.40
00+750	0.0	3.0	6.0	10.0	16.0	25.0	0.0	16.0	94	60	93	7.5	27.70
00+800	0.0	4.0	2.0	10.0	12.0	14.0	0.0	8.0	54	31	136	7.5	24.70
00+850	0.0	1.0	5.0	11.0	15.0	20.0	0.0	9.0	75	34	76	7.5	28.40
00+900	0.0	4.0	6.0	10.0	16.0	19.0	0.0	8.0	71	30	76	7.5	28.70
00+950	0.0	5.0	7.0	10.0	17.0	25.0	0.0	12.0	93	45	64	7.5	28.30
01+000	0.0	3.0	6.0	9.0	13.0	18.0	0.0	14.0	67	52	209	7.5	28.10
01+050	0.0	5.0	7.0	9.0	14.0	22.0	0.0	13.0	82	48	93	7.5	28.40
01+100	0.0	2.0	7.0	8.0	10.0	13.0	0.0	6.0	48	22	120	7.5	28.30
01+150	0.0	2.0	3.0	7.0	10.0	13.0	0.0	7.0	48	26	140	7.5	28.30
01+200	0.0	3.0	5.0	9.0	11.0	14.0	0.0	6.0	52	22	105	7.5	28.90
01+250	0.0	3.0	5.0	8.0	14.0	18.0	0.0	9.0	67	33	93	7.5	28.70

01+300	0.0	6.0	8.0	11.0	17.0	26.0	0.0	12.0	97	45	60	7.5	28.50
01+350	0.0	4.0	7.0	12.0	16.0	20.0	0.0	11.0	74	41	93	7.5	28.80
01+400	0.0	1.0	4.0	7.0	8.0	9.0	0.0	3.0	33	11	140	7.5	29.00
01+450	0.0	4.0	10.0	13.0	16.0	20.0	0.0	9.0	74	33	77	7.5	29.30
01+500	0.0	5.0	9.0	12.0	18.0	22.0	0.0	13.0	81	48	94	7.5	29.60
01+550	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	3.0	22	11	284	7.5	30.30
01+600	0.0	3.0	8.0	10.0	16.0	21.0	0.0	12.0	77	44	94	7.5	29.60
01+650	0.0	1.0	2.0	5.0	8.0	11.0	0.0	4.0	41	15	120	7.5	28.70
01+700	0.0	4.0	7.0	11.0	13.0	15.0	0.0	10.0	56	37	168	7.5	28.50
01+750	0.0	1.0	9.0	13.0	14.0	16.0	0.0	9.0	59	33	120	7.5	29.00
01+800	0.0	2.0	8.0	10.0	17.0	26.0	0.0	12.0	96	44	60	7.5	29.10
01+850	0.0	3.0	9.0	15.0	19.0	23.0	0.0	11.0	85	41	70	7.5	29.40
01+900	0.0	4.0	8.0	10.0	11.0	13.0	0.0	5.0	48	18	106	7.5	29.80
01+950	0.0	2.0	7.0	11.0	16.0	20.0	0.0	10.0	74	37	84	7.5	29.30
02+000	0.0	2.0	9.0	11.0	13.0	16.0	0.0	8.0	59	30	106	7.5	29.60
02+050	0.0	3.0	9.0	12.0	13.0	15.0	0.0	10.0	55	37	170	7.5	29.70
02+100	0.0	4.0	7.0	10.0	17.0	23.0	0.0	11.0	85	41	71	7.5	29.50
02+150	0.0	3.0	6.0	11.0	18.0	26.0	0.0	12.0	96	44	61	7.5	29.90
02+200	0.0	3.0	6.0	11.0	15.0	18.0	0.0	10.0	66	37	106	7.5	30.00
02+250	0.0	4.0	7.0	12.0	16.0	19.0	0.0	8.0	70	29	77	7.5	30.10
02+300	0.0	4.0	7.0	12.0	15.0	18.0	0.0	9.0	66	33	95	7.5	30.70
02+350	0.0	4.0	8.0	10.0	12.0	14.0	0.0	8.0	51	29	143	7.5	31.00
02+400	0.0	5.0	11.0	14.0	17.0	20.0	0.0	12.0	73	44	107	7.5	30.40
02+450	0.0	4.0	7.0	9.0	12.0	17.0	0.0	9.0	62	33	107	7.5	30.70
02+500	0.0	3.0	7.0	8.0	11.0	17.0	0.0	8.0	62	29	95	7.5	30.90
02+550	0.0	2.0	5.0	12.0	15.0	18.0	0.0	10.0	66	37	107	7.5	30.70
02+600	0.0	3.0	10.0	11.0	16.0	21.0	0.0	13.0	76	47	107	7.5	31.40
02+650	0.0	3.0	5.0	12.0	14.0	15.0	0.0	7.0	55	26	107	7.5	31.00
02+700	0.0	1.0	3.0	5.0	6.0	8.0	0.0	3.0	29	11	172	7.5	31.60
02+750	0.0	5.0	4.0	7.0	9.0	11.0	0.0	6.0	40	22	172	7.5	31.50
02+800	0.0	3.0	5.0	7.0	8.0	9.0	0.0	3.0	33	11	144	7.5	31.70
02+850	0.0	1.0	4.0	6.0	7.0	9.0	0.0	2.0	33	7	123	7.5	31.90
02+900	0.0	3.0	5.0	6.0	7.0	8.0	0.0	5.0	29	18	290	7.5	33.10
02+950	0.0	1.0	2.0	5.0	7.0	9.0	0.0	2.0	33	7	123	7.5	32.00
03+000	0.0	2.0	5.0	3.0	5.0	7.0	0.0	4.0	25	14	289	7.5	32.60
03+050	0.0	1.0	3.0	7.0	9.0	11.0	0.0	3.0	39	11	109	7.5	33.20

03+100	0.0	1.0	3.0	3.0	4.0	5.0	0.0	3.0	18	11	432	7.5	32.10
03+150	0.0	1.0	5.0	7.0	8.0	10.0	0.0	9.0	36	32	869	7.5	32.80
03+200	0.0	1.0	4.0	5.0	7.0	10.0	0.0	3.0	36	11	124	7.5	33.10
03+250	0.0	2.0	4.0	8.0	11.0	14.0	0.0	11.0	50	39	292	7.5	33.90
03+300	0.0	2.0	7.0	9.0	11.0	13.0	0.0	7.0	47	25	144	7.5	32.50
03+350	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	0.0	5.0	25	18	437	7.5	33.70
03+400	0.0	2.0	3.0	8.0	9.0	11.0	0.0	6.0	39	21	176	7.5	34.20
03+450	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.0	3.0	25	11	218	7.5	33.00
03+500	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	0.0	4.0	25	14	292	7.5	33.80
03+550	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	0.0	5.0	25	18	436	7.5	33.30
03+600	0.0	3.0	5.0	6.0	9.0	13.0	0.0	3.0	47	11	87	7.5	33.10
03+650	0.0	2.0	5.0	7.0	8.0	9.0	0.0	6.0	32	21	291	7.5	33.40
03+700	0.0	1.0	3.0	5.0	6.0	7.0	0.0	3.0	25	11	218	7.5	33.00
03+750	0.0	1.0	2.0	4.0	6.0	9.0	0.0	4.0	32	14	175	7.5	33.40
03+800	0.0	2.0	4.0	6.0	9.0	12.0	0.0	7.0	43	25	175	7.5	33.80
03+850	0.0	2.0	3.0	6.0	9.0	10.0	0.0	6.0	36	21	219	7.5	33.70
03+900	0.0	1.0	5.0	8.0	11.0	14.0	0.0	8.0	50	28	147	7.5	34.50
03+950	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	0.0	5.0	32	18	220	7.5	34.60
04+000	0.0	1.0	4.0	6.0	7.0	8.0	0.0	3.0	28	11	177	7.5	35.00
04+050	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.0	4.0	25	14	291	7.5	33.40
04+100	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	0.0	2.0	18	7	290	7.5	33.10
04+150	0.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	3.0	21	11	291	7.5	33.50
04+200	0.0	1.0	5.0	7.0	8.0	9.0	0.0	4.0	32	14	174	7.5	33.00
04+250	0.0	2.0	4.0	7.0	9.0	11.0	0.0	5.0	39	18	147	7.5	34.80
04+300	0.0	1.0	5.0	7.0	8.0	10.0	0.0	6.0	35	21	220	7.5	34.50
04+350	0.0	2.0	3.0	6.0	7.0	8.0	0.0	4.0	28	14	219	7.5	34.10
04+400	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.0	4.0	25	14	294	7.5	34.80
04+450	0.0	1.0	3.0	5.0	6.0	8.0	0.0	2.0	29	7	146	7.5	34.00
04+500	0.0	2.0	6.0	7.0	9.0	13.0	0.0	8.0	46	28	177	7.5	35.00
04+550	0.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	0.0	6.0	32	21	293	7.5	34.40

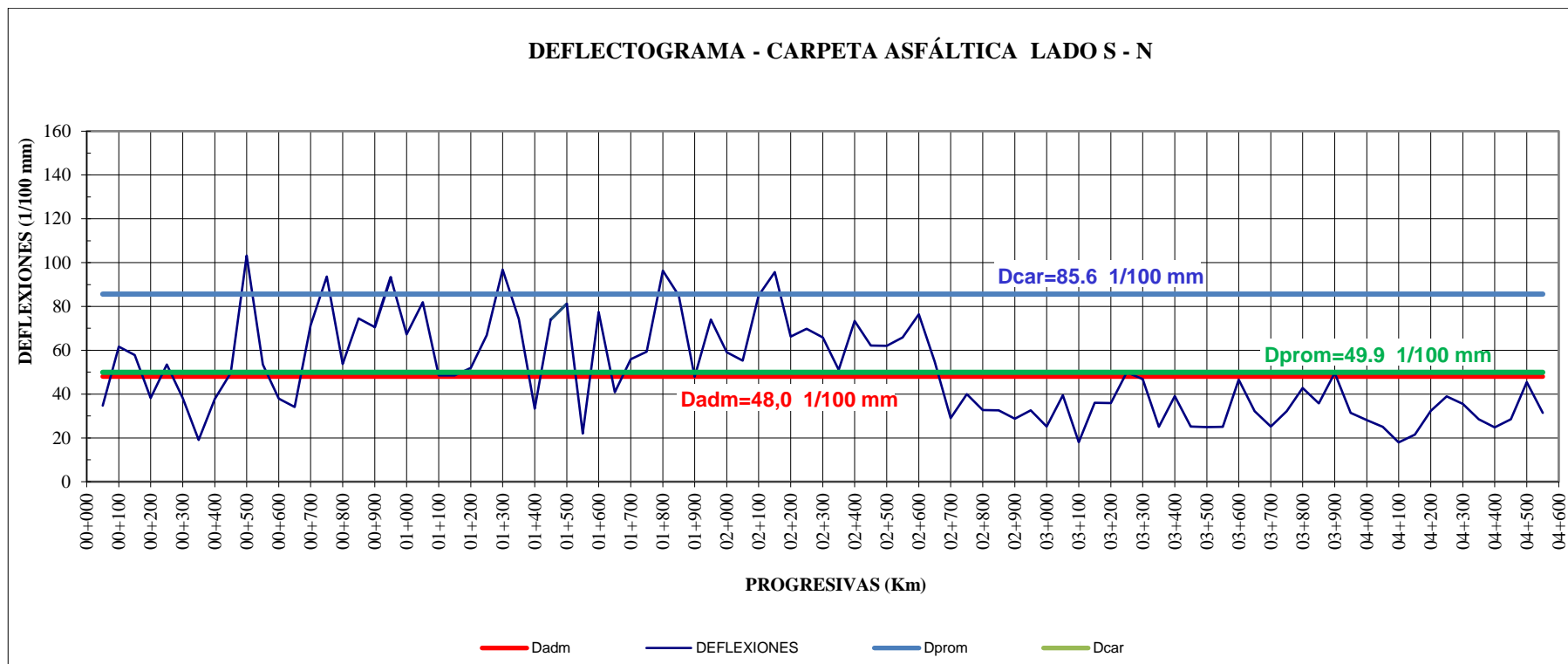


GRAFICO N° 11: Deflectograma carril S-N en la Av. Industrial - Iscoconga.

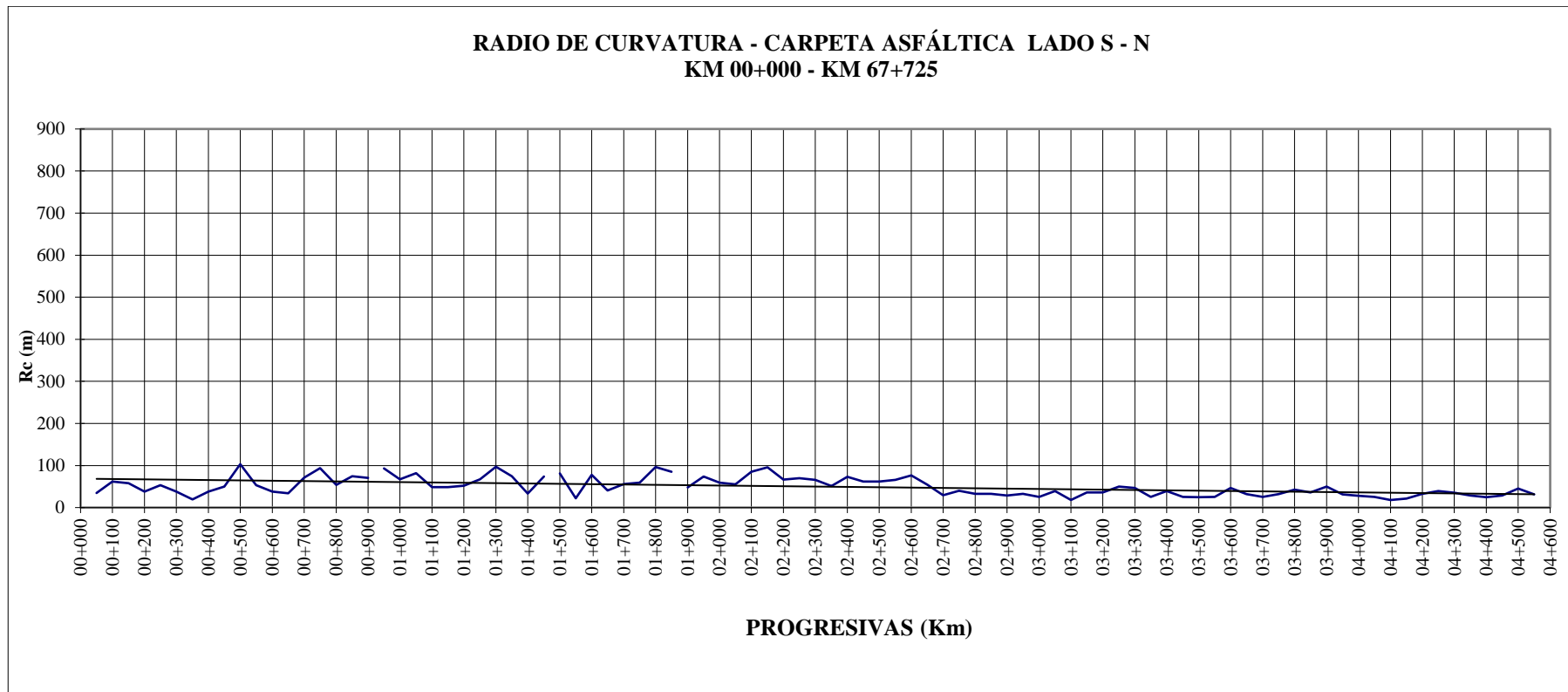


GRAFICO N° 12: Radio Curvatura S-N en la Av. Industrial – Isocongá.

### 3.8. Cálculo de parámetros.

TABLA N° 26

*Resultados para el carril N - S.*

	D <sub>0</sub>
NÚMERO	91
SUMA	5220
<b>PROMEDIO</b>	<b>57.4</b>
MÍNIMO	18
MÁXIMO	114
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	25.5
VARIANZA	652.1
COEFICIENTE DE VAR.	44.5
<b>VALOR CARACTERÍSTICO</b>	<b>99.4</b>

TABLA N° 27

*Resultados para el carril S - N.*

	D <sub>0</sub>
NÚMERO	91
SUMA	4545
<b>PROMEDIO</b>	<b>49.9</b>
MÍNIMO	18
MÁXIMO	103
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	21.7
VARIANZA	470.8
COEFICIENTE DE VAR.	43.4
<b>VALOR CARACTERÍSTICO</b>	<b>85.6</b>

Aplicando la ecuación N°2.4.2.2 se calcula el valor medio de la deflexión

$$D = \frac{\sum d}{n}$$

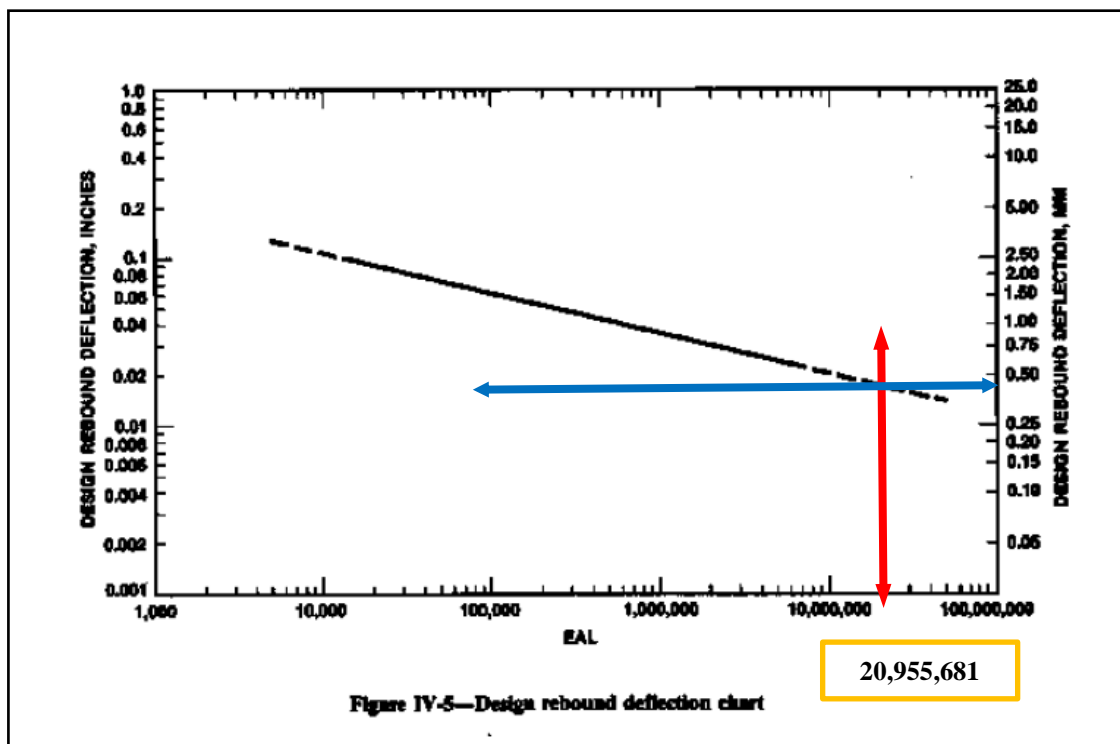
$$D = 53.6 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Aplicando la ecuación N° 2.4.2.3.3 se obtendrá la desviación Estándar

$$\sigma = \left( \frac{\sum (d - D)^2}{n - 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma = 23.6 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Con el ábaco conociendo el número de EALS = 20,955,681 se puede calcular la deflexión admisible:



Donde se obtiene una deflexión admisible ( $D_a$ ) igual a:

$$D_a = 0.48 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

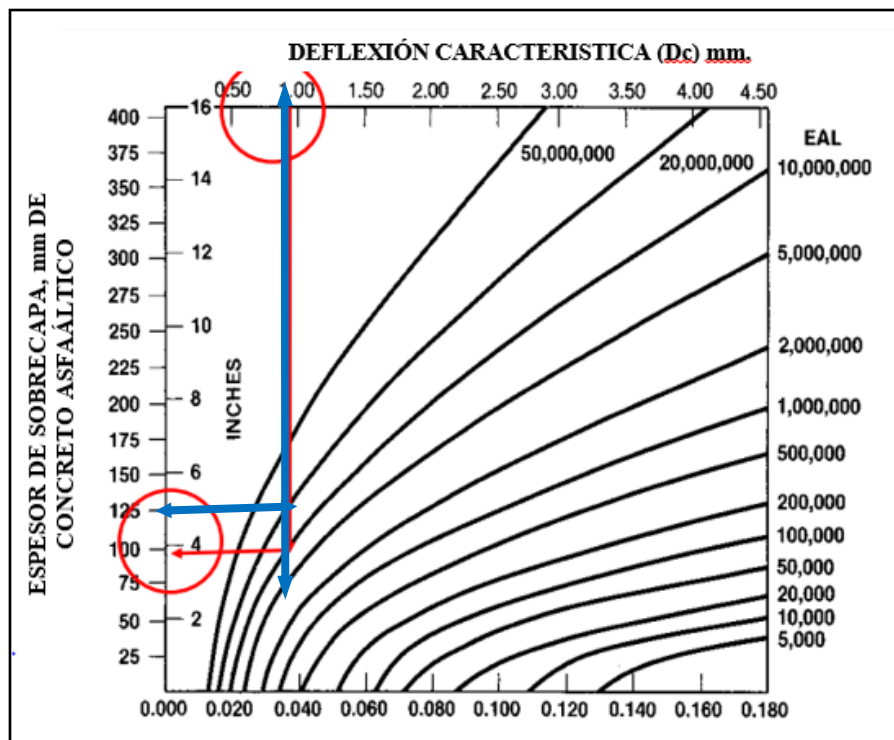


Entonces la deflexión característica según la ecuación N°2.4.2.3.5 es:

$$D_c = (53.2 \times 10^{-2} + 1.645 * 23.6 \times 10^{-2})$$

$$D_c = 92.5 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Finalmente, con el ábaco encontrado como figura N°10 determinamos el espesor de sobrecapa



Las líneas azules se interceptan con una deflexión admisible de 0.48 y un número de EALS equivalente a 20,955,681. Se tiene un espesor de **125 mm** equivalente **5 centímetros** para un proceso de rehabilitación

TABLA N° 28  
*Evaluación de resultados para el carril N – S..*

PROGRESIVA (Km)	DEFLEXIÓN MÁXIMA	DEFLEXIÓN ADMISIBLE	SUBRASANTE
0+050	19	48	BUEN ESTADO
0+100	35	48	BUEN ESTADO
0+150	31	48	BUEN ESTADO
0+200	27	48	BUEN ESTADO
0+250	34	48	BUEN ESTADO
0+300	38	48	BUEN ESTADO
0+350	30	48	BUEN ESTADO
0+400	23	48	BUEN ESTADO
0+450	31	48	BUEN ESTADO
0+500	80	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+550	69	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+600	23	48	BUEN ESTADO
0+650	41	48	BUEN ESTADO
0+700	56	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+750	75	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+800	58	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+850	60	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+900	52	48	<b>MAL ESTADO</b>
0+950	64	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+000	49	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+050	60	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+100	34	48	BUEN ESTADO
1+150	37	48	BUEN ESTADO
1+200	33	48	BUEN ESTADO
1+250	40	48	BUEN ESTADO
1+300	55	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+350	59	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+400	15	48	BUEN ESTADO
1+450	33	48	BUEN ESTADO
1+500	58	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+550	19	48	BUEN ESTADO
1+600	46	48	BUEN ESTADO
1+650	15	48	BUEN ESTADO
1+700	56	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+750	41	48	BUEN ESTADO
1+800	32	48	BUEN ESTADO
1+850	57	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+900	18	48	BUEN ESTADO
1+950	46	48	BUEN ESTADO
2+000	39	48	BUEN ESTADO
2+050	54	48	<b>MAL ESTADO</b>

2+100	67	48	<b>MAL ESTADO</b>
2+150	47	48	BUEN ESTADO
2+200	39	48	BUEN ESTADO
2+250	54	48	<b>MAL ESTADO</b>
2+300	36	48	BUEN ESTADO
2+350	36	48	BUEN ESTADO
2+400	46	48	BUEN ESTADO
2+450	53	48	<b>MAL ESTADO</b>
2+500	29	48	BUEN ESTADO
2+550	39	48	BUEN ESTADO
2+600	46	48	BUEN ESTADO
2+650	57	48	<b>MAL ESTADO</b>
2+700	18	48	BUEN ESTADO
2+750	21	48	BUEN ESTADO
2+800	14	48	BUEN ESTADO
2+850	11	48	BUEN ESTADO
2+900	22	48	BUEN ESTADO
2+950	11	48	BUEN ESTADO
3+000	22	48	BUEN ESTADO
3+050	11	48	BUEN ESTADO
3+100	11	48	BUEN ESTADO
3+150	35	48	BUEN ESTADO
3+200	21	48	BUEN ESTADO
3+250	25	48	BUEN ESTADO
3+300	28	48	BUEN ESTADO
3+350	14	48	BUEN ESTADO
3+400	21	48	BUEN ESTADO
3+450	4	48	BUEN ESTADO
3+500	14	48	BUEN ESTADO
3+550	7	48	BUEN ESTADO
3+600	25	48	BUEN ESTADO
3+650	22	48	BUEN ESTADO
3+700	7	48	BUEN ESTADO
3+750	18	48	BUEN ESTADO
3+800	43	48	BUEN ESTADO
3+850	32	48	BUEN ESTADO
3+900	25	48	BUEN ESTADO
3+950	14	48	BUEN ESTADO
4+000	14	48	BUEN ESTADO
4+050	22	48	BUEN ESTADO
4+100	14	48	BUEN ESTADO
4+150	18	48	BUEN ESTADO
4+200	18	48	BUEN ESTADO
4+250	36	48	BUEN ESTADO
4+300	18	48	BUEN ESTADO

4+350	18	48	BUEN ESTADO
4+400	21	48	BUEN ESTADO
4+450	11	48	BUEN ESTADO
4+500	28	48	BUEN ESTADO
4+550	18	48	BUEN ESTADO

TABLA N° 29  
*Evaluación de resultados para el carril S-N.*

PROGRESIVA (Km)	DEFLEXIÓN MÁXIMA	DEFLEXIÓN ADMISIBLE	SUBRASANTE
0+050	15	48	BUEN ESTADO
0+100	31	48	BUEN ESTADO
0+150	27	48	BUEN ESTADO
0+200	15	48	BUEN ESTADO
0+250	31	48	BUEN ESTADO
0+300	23	48	BUEN ESTADO
0+350	11	48	BUEN ESTADO
0+400	15	48	BUEN ESTADO
0+450	27	48	BUEN ESTADO
0+500	57	48	BUEN ESTADO
0+550	38	48	BUEN ESTADO
0+600	23	48	BUEN ESTADO
0+650	19	48	BUEN ESTADO
0+700	41	48	BUEN ESTADO
0+750	60	48	BUEN ESTADO
0+800	31	48	BUEN ESTADO
0+850	34	48	BUEN ESTADO
0+900	30	48	BUEN ESTADO
0+950	45	48	BUEN ESTADO
1+000	52	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+050	48	48	BUEN ESTADO
1+100	22	48	BUEN ESTADO
1+150	26	48	BUEN ESTADO
1+200	22	48	BUEN ESTADO
1+250	33	48	BUEN ESTADO
1+300	45	48	BUEN ESTADO
1+350	41	48	BUEN ESTADO
1+400	11	48	BUEN ESTADO
1+450	33	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+500	48	48	<b>MAL ESTADO</b>
1+550	11	48	BUEN ESTADO
1+600	44	48	BUEN ESTADO

1+650	15	48	BUEN ESTADO
1+700	37	48	BUEN ESTADO
1+750	33	48	BUEN ESTADO
1+800	44	48	BUEN ESTADO
1+850	41	48	BUEN ESTADO
1+900	18	48	BUEN ESTADO
1+950	37	48	BUEN ESTADO
2+000	30	48	BUEN ESTADO
2+050	37	48	BUEN ESTADO
2+100	41	48	BUEN ESTADO
2+150	44	48	BUEN ESTADO
2+200	37	48	BUEN ESTADO
2+250	29	48	BUEN ESTADO
2+300	33	48	BUEN ESTADO
2+350	29	48	BUEN ESTADO
2+400	44	48	BUEN ESTADO
2+450	33	48	BUEN ESTADO
2+500	29	48	BUEN ESTADO
2+550	37	48	BUEN ESTADO
2+600	47	48	BUEN ESTADO
2+650	26	48	BUEN ESTADO
2+700	11	48	BUEN ESTADO
2+750	22	48	BUEN ESTADO
2+800	11	48	BUEN ESTADO
2+850	7	48	BUEN ESTADO
2+900	18	48	BUEN ESTADO
2+950	7	48	BUEN ESTADO
3+000	14	48	BUEN ESTADO
3+050	11	48	BUEN ESTADO
3+100	11	48	BUEN ESTADO
3+150	32	48	BUEN ESTADO
3+200	11	48	BUEN ESTADO
3+250	39	48	BUEN ESTADO
3+300	25	48	BUEN ESTADO
3+350	18	48	BUEN ESTADO
3+400	21	48	BUEN ESTADO
3+450	11	48	BUEN ESTADO
3+500	14	48	BUEN ESTADO
3+550	18	48	BUEN ESTADO
3+600	11	48	BUEN ESTADO
3+650	21	48	BUEN ESTADO
3+700	11	48	BUEN ESTADO
3+750	14	48	BUEN ESTADO
3+800	25	48	BUEN ESTADO

3+850	21	48	BUEN ESTADO
3+900	28	48	BUEN ESTADO
3+950	18	48	BUEN ESTADO
4+000	11	48	BUEN ESTADO
4+050	14	48	BUEN ESTADO
4+100	7	48	BUEN ESTADO
4+150	11	48	BUEN ESTADO
4+200	14	48	BUEN ESTADO
4+250	18	48	BUEN ESTADO
4+300	21	48	BUEN ESTADO
4+350	14	48	BUEN ESTADO
4+400	14	48	BUEN ESTADO
4+450	7	48	BUEN ESTADO
4+500	28	48	BUEN ESTADO
4+550	21	48	BUEN ESTADO

Para la deflexión admisible ( $48 \times 10^{-2}$ ) hay un 70% de la subrasante en buen estado debido a que la deflexión máxima no supera en valor a la admisible, es por eso que se puede considerar como rehabilitación una sobrecapa de 12.5 cm de espesor.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Con el cálculo de deflexiones de la carretera a Jesús en el tramo de la Av. Industrial hasta Iscoconga; se obtiene una subrasante en estado bueno debido a que la deflexión admisible es mayor a la característica y como el radio de curvatura no supera el valor de 100 mm esto determina un estado del pavimento bueno por lo que se propone para este tramo de carretera una rehabilitación con un espesor de sobrecapa de 12.5 cm la cual es una propuesta que disminuirá costos y tiempo de ejecución.

Tanto Hoffman, M. y Del Aguila, P. (2008) como Thenoux, G. y Gaete, R. (2012) proponen una evaluación estructural no destructiva presentadas con grandes ventajas como menor impacto al ambiente y ahorro de tiempo, es por ello que en esta tesis también es considerada una evaluación estructural no destructiva a partir de las deflexiones obtenidas con la viga Benkelman cuya medida es simple, rápida y económica y con ello se obtuvo el espesor de sobrecapa para una futura rehabilitación.

Ignacio, J. (2013) en su tesis analiza con la viga Benkelman todas las capas del pavimento de longitud de 283.58 kilómetros; sin embargo, en esta investigación se hizo un análisis a nivel de subrasante en una longitud de 4450m.

Muñoz, E. (2014) realizó una investigación también con la viga Benkelman pero para un pavimento nuevo durante la construcción de la carretera Pericos- San Ignacio, en el tramo que corresponde Km 0+000 hasta Km05+000, a distancias de eje de carga de 0, 25, 50,100 y 500cm, obteniendo en esta investigación una deflexión característica menor a la admisible cumpliendo con lo expuesto en las EG-2013. En cambio, nuestra evaluación fue en un pavimento que ya cuenta con varios años de funcionamiento por ello las deflexiones son superiores a las de un pavimento nuevo.

Cubas, R. , (2017) en su tesis también calcula deflexiones en una autopista que ya cumplió su vida útil, con la norma MTC E 102-200 y la viga Benkelman, utilizando el método Corevial, obteniendo con ello la deflexión característica de  $125.426 \times 10^{-2}$ mm, la deflexión admisible igual a  $77 \times 10^{-2}$ mm, un radio de curvatura 589.93 un IMDs (Índice Medio Diario semanal) igual a 9465 veh/día , como su deflexión característica del pavimento mayor a la admisible lo que indica un mal comportamiento de la subrasante y un buen estado del pavimento por lo que el pavimento comenzará a fallar, por ello no tiene un adecuado comportamiento estructural, debido a esto, en esta investigación se recomienda la reconstrucción total del pavimento, con una deflexión admisible de  $0.78 \times 10^{-2}$  y una deflexión característica de  $44 \times 10^{-2}$  mm p ,lo que resulta contrario a la tesis de Cubas porque aquí la deflexión características es menor a la admisible .

Por lo expuesto anteriormente se recomienda tener cuidado en la selección, diseño y verificación de la calidad de los agregados con que se fabrican las mezclas asfálticas, considerando que éstos conforman el esqueleto estructural del pavimento en su conjunto y por lo tanto su respuesta para resistir las cargas de los vehículos; esto es determinante para una mayor durabilidad del mismo, evitando de esta manera la falla por deformación permanente. También se debe tener en cuenta el tráfico de diseño, puesto que esto genera incremento de carga en la capa de rodadura y en la ciudad de Cajamarca se encuentra un incremento de vehículos muy elevado; si se tiene en cuenta todo lo anterior entonces se tendrá un pavimento más durable.

Se propone este método de rehabilitación para alargar la vida útil de un pavimento; que cumpla con los siguientes requisitos: pavimento flexible y que tenga pequeñas grietas, esta propuesta tiene menor costo; puesto que no hay que remover todo el pavimento sino solo colocar una capa de asfalto sobre él, mejorando la transitabilidad del mismo.



## 4.2 Conclusiones

- **Se realizó el levantamiento topográfico con una estación total, con los datos obtenidos se dibujó los planos topográficos (Ver anexo N° 06).**
- Se hizo un replanteo y se pudo marcar las progresivas cada 50m un día previo al ensayo; comenzando por el Km 00+000m (Av. Industrial) y terminando en el Km 04+550m (Iscoconga). (Ver figura N° 28)
- Se midieron las deflexiones que se muestran en la tabla N° 24.
- De acuerdo al conteo de tráfico se obtuvo un índice medio diario semanal IMDs igual a 3804veh/día.
- Se obtuvo un número de EALS igual a 20,955,681
- Se obtuvo una deflexión admisible:  $D_a=0.48 \times 10^{-2}$  mm y una deflexión característica:  $D_c= 92.5 \times 10^{-2}$  mm.
- Se obtuvo mediante los ábacos del INSTITUTO DEL ASFALTO un espesor de sobrecapa de 12.5cm para la rehabilitación de la carretera a Jesús en la intercepción de la Av. Industrial con Iscoconga, con lo que no se valida la hipótesis.

## REFERENCIAS

- Corros,Urbáez y Corredor (2009). *Manual de Herramientas de Evaluación Funcional y Estructural de de Pavimentos Flexibles* . Venezuela : mti.
- Cubas, R. (2017). *Comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía de evitamiento sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la viga Benkelman*. Cajamarca (tesis de pregrado).Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú
- Escobar, K. ,Gracia, A. y Guzman, C. (2007). Análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga Benkelman y el deflectómetro de impacto (falling weight deflectometer, FWD) (tesis de pregrado). Universidad de el Salvador, El salvador , Argentina.
- Hoffman, M. y Del Aguila, P. (2008). Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones ensayos no destructivos. *Louis Berger Interationa Inc*. Recuperado de <https://www.academia.edu>
- Ignacio, J. (2013). Análisis deflectométrico de las capas del pavimento flexible con subrasante de suelo arenoso en la panamericana norte Km 355 + 500 al 357 + 500. *(Tesis de pregrado)* .Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca , Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). *Reglamento nacional de edificaciones-RNE* . Lima, Perú: Grafica Apolo S.A.C.
- Montejo, A. (2010). *Ingeniería de Pavimentos* (segunda ed.). Bogota , Colombia: Stella Valbuena García .
- MTC. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS,GEOLOGÍA , GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. Lima, Perú.

- Muñoz, E. (2014). Evaluación de la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica durante el proceso de construcción de la carretera pericos -san ignacio (*Tesis de pregrado*) . Universidad Nacional de Cajamarca - Jaen , Cajamarca, Perú .
- Mendez, J. R. (2012). Ingeniería de pavimentos materiales, diseño y conservación.(tercera ed.) Lima, Perú: *Instituto de Construcción y Gerencia (ICG)*.
- Sánchez, M. y Arroyo, O. (2015). Reliability Based Design Optimization of Asphalt Pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 6.
- Thenoux, G. y Gaete, R. (2012). Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico . *Revista ingeniería de la construcción* , 22.
- Valenzuela, R. (2013). Rehabilitación de pavimentos asfálticos de la ciudad de cochabamba mediante el fresado y reciclado en frío . *SciELO*, 11.



### Anexo N° 03

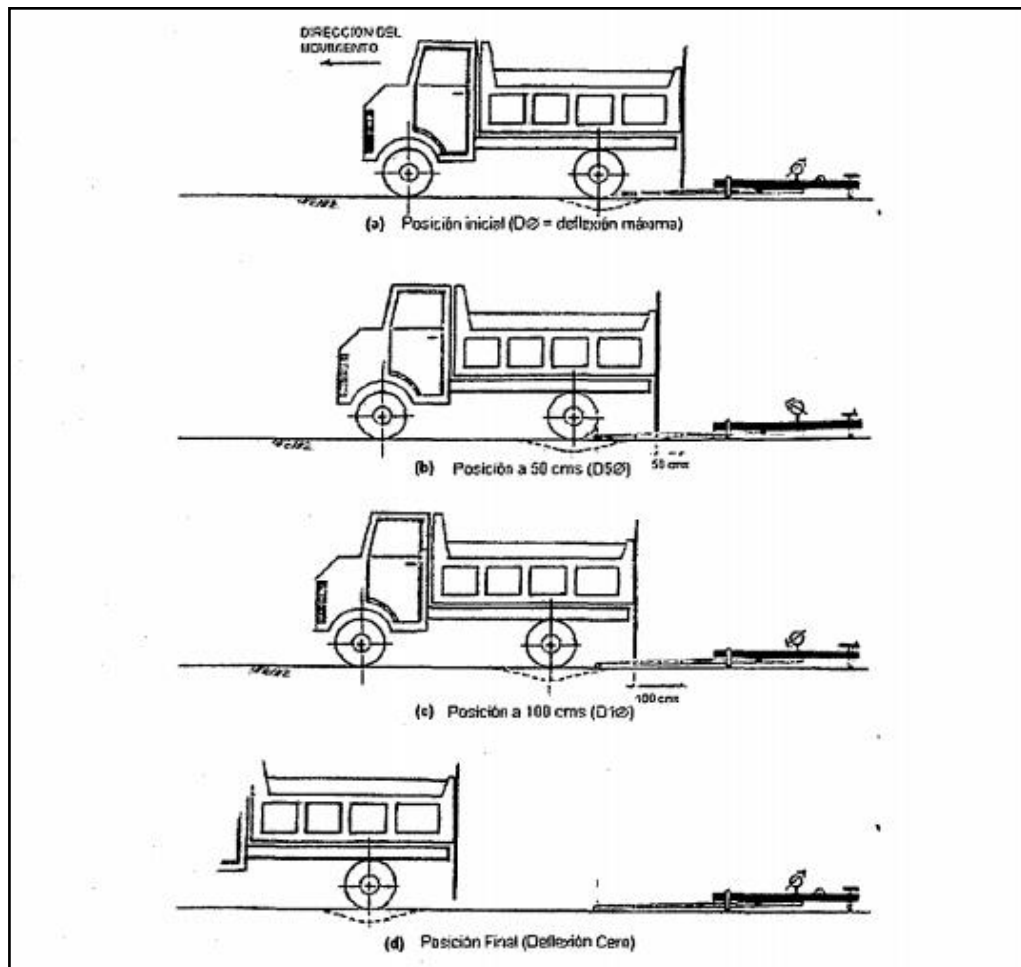


FIGURA N° 21: Esquematación del proceso de medición con la viga Benkelman.  
Fuente: Muñoz, E. (2014).

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

#### **Anexo N° 04:** Formato de deflexión



“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

**Anexo N° 05:** Formato de Conteo de Trafico





UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

**ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

“DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”

RESPONSABLE

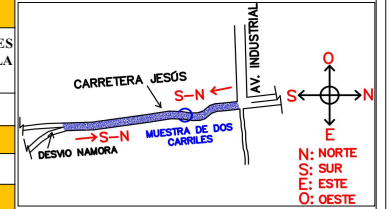
CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

**INFORMACIÓN GENERAL**

FECHA: MARTES 25 DE SEPTIEMBRE 2018

TRAMO:

CARRETERA JESÚS



TIPO DE VEHICULOS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS	MARTES																												TOTAL
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM	6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM															
MOTOTAXI		N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	
Ac																														
Ap																														
COMBI																														
MICRO																														
B2																														
B3																														
C2																														
C3																														
T2S2																														
T2S3																														
T3S1																														
T3S3																														
C3R2																														
C3R3																														
MAQUINARIA PESADA																														

**PROMEDIO**

TESISTA

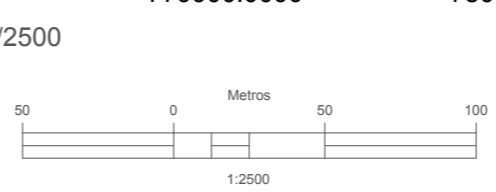
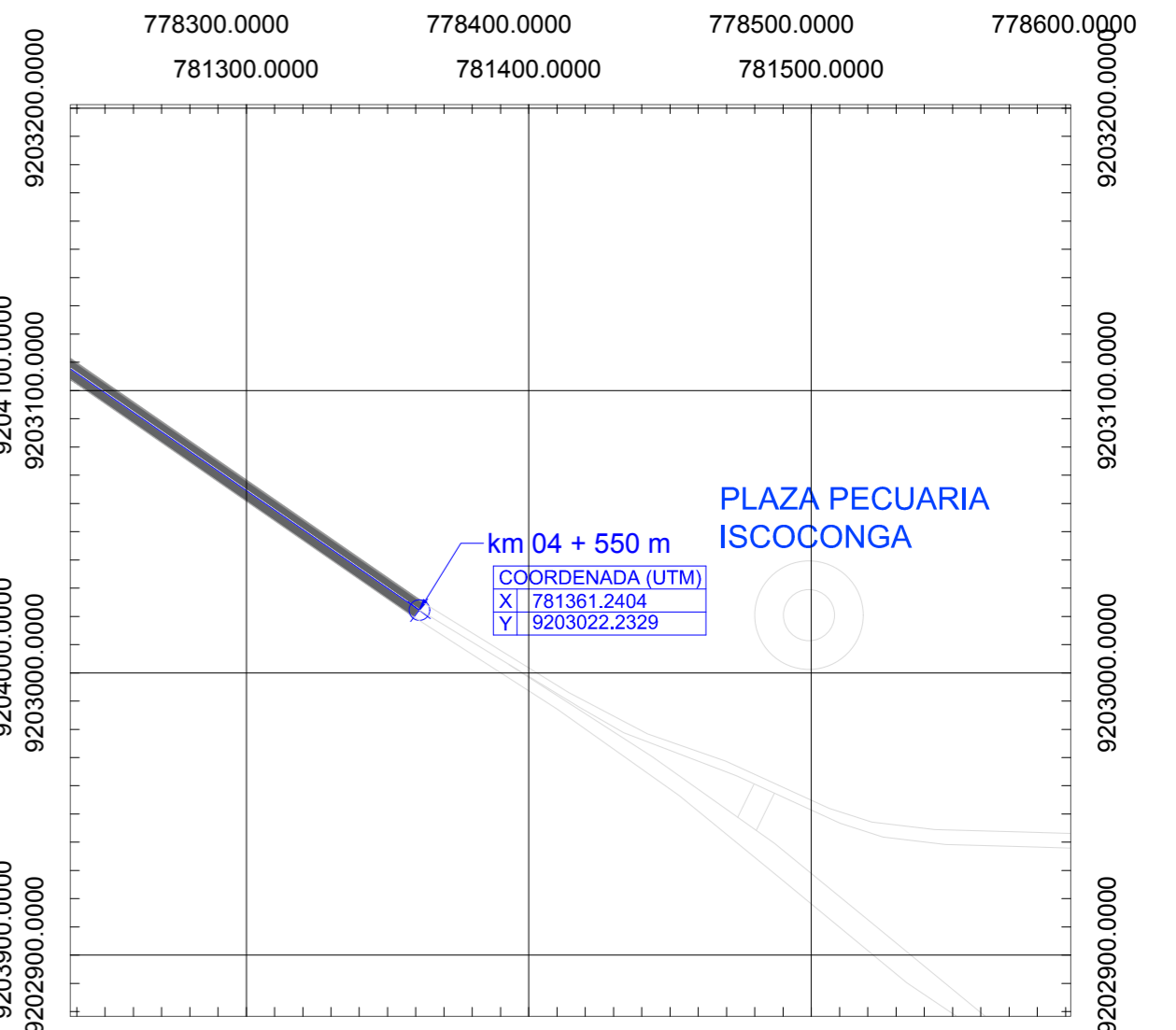
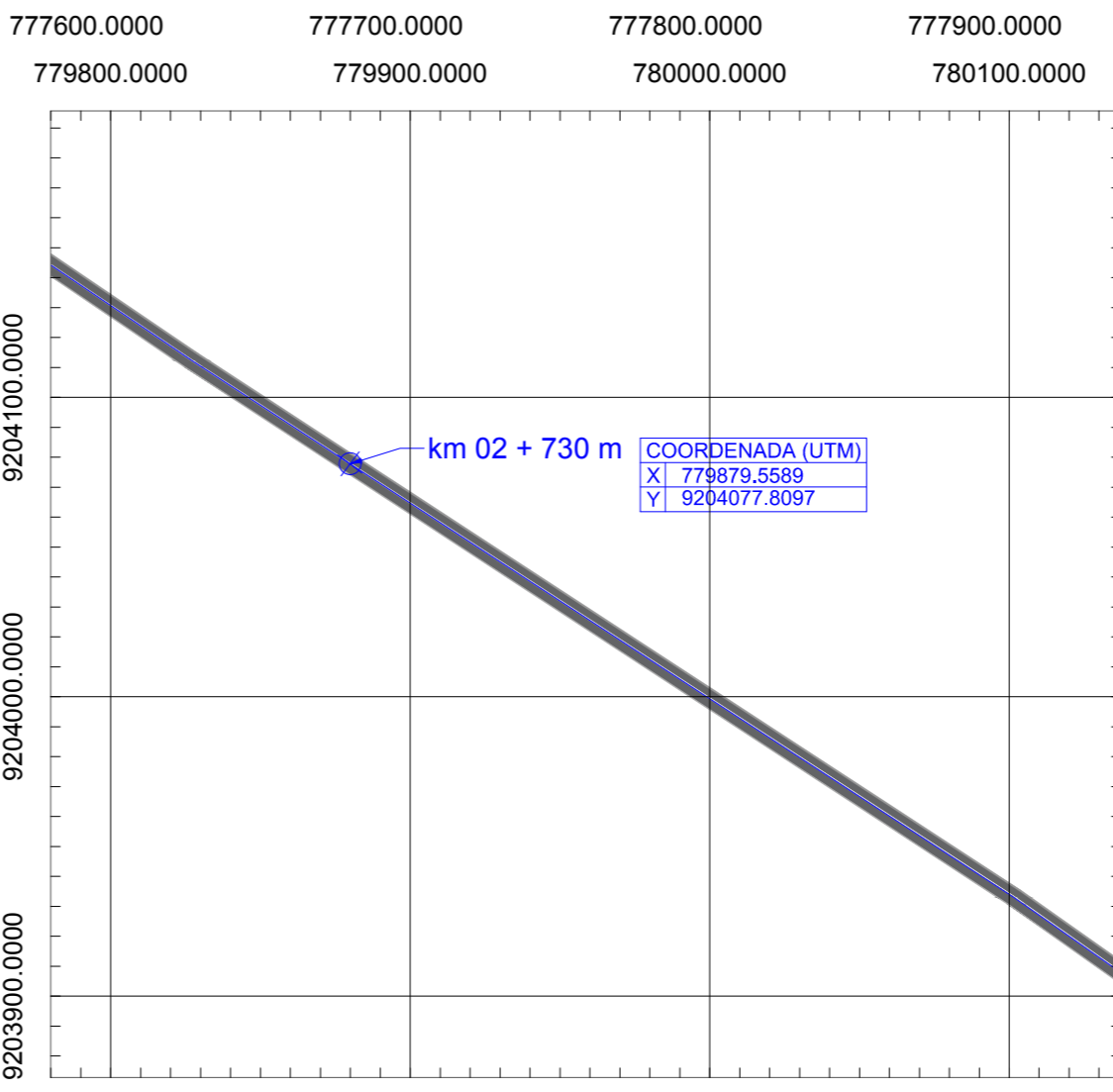
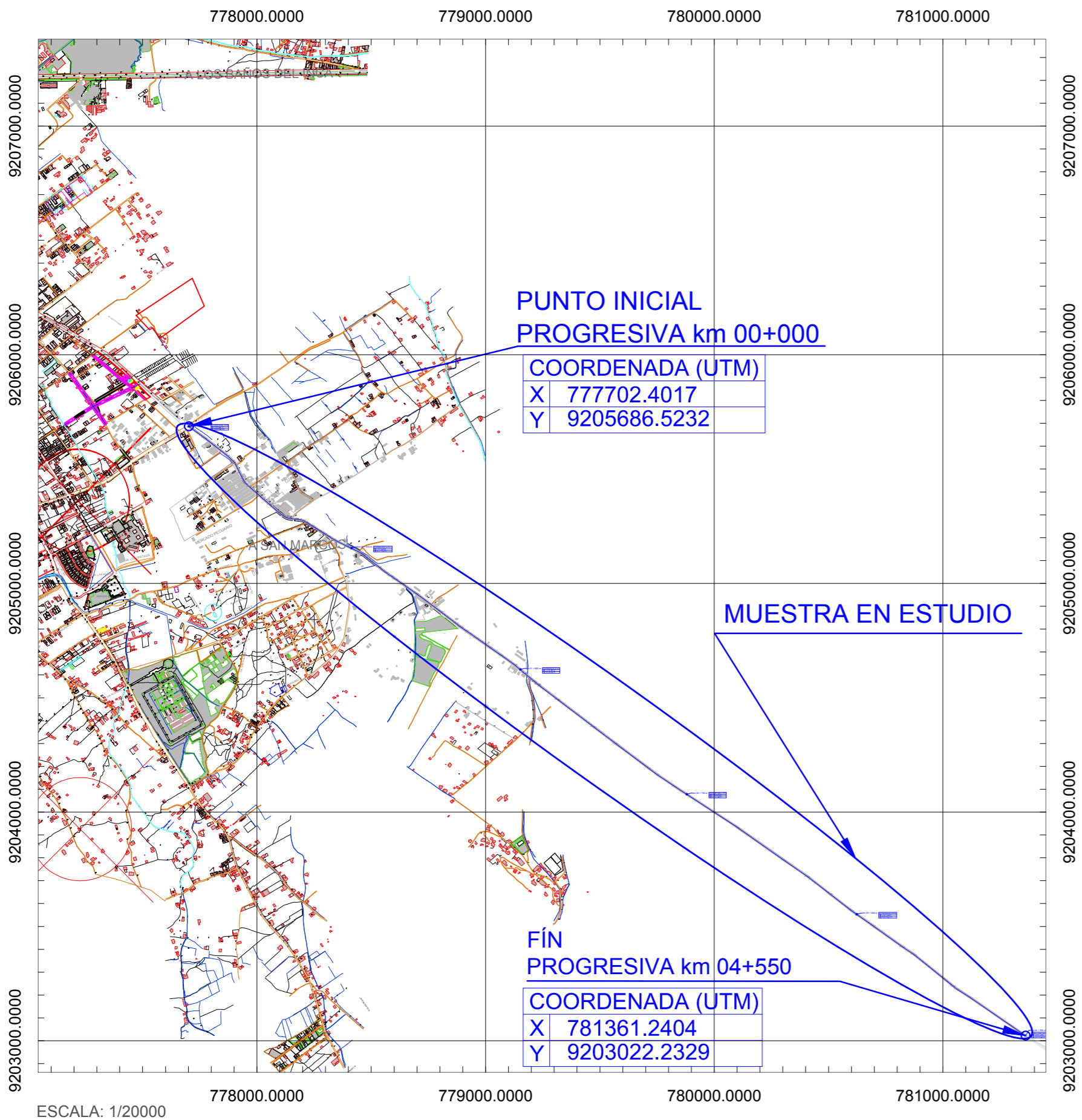
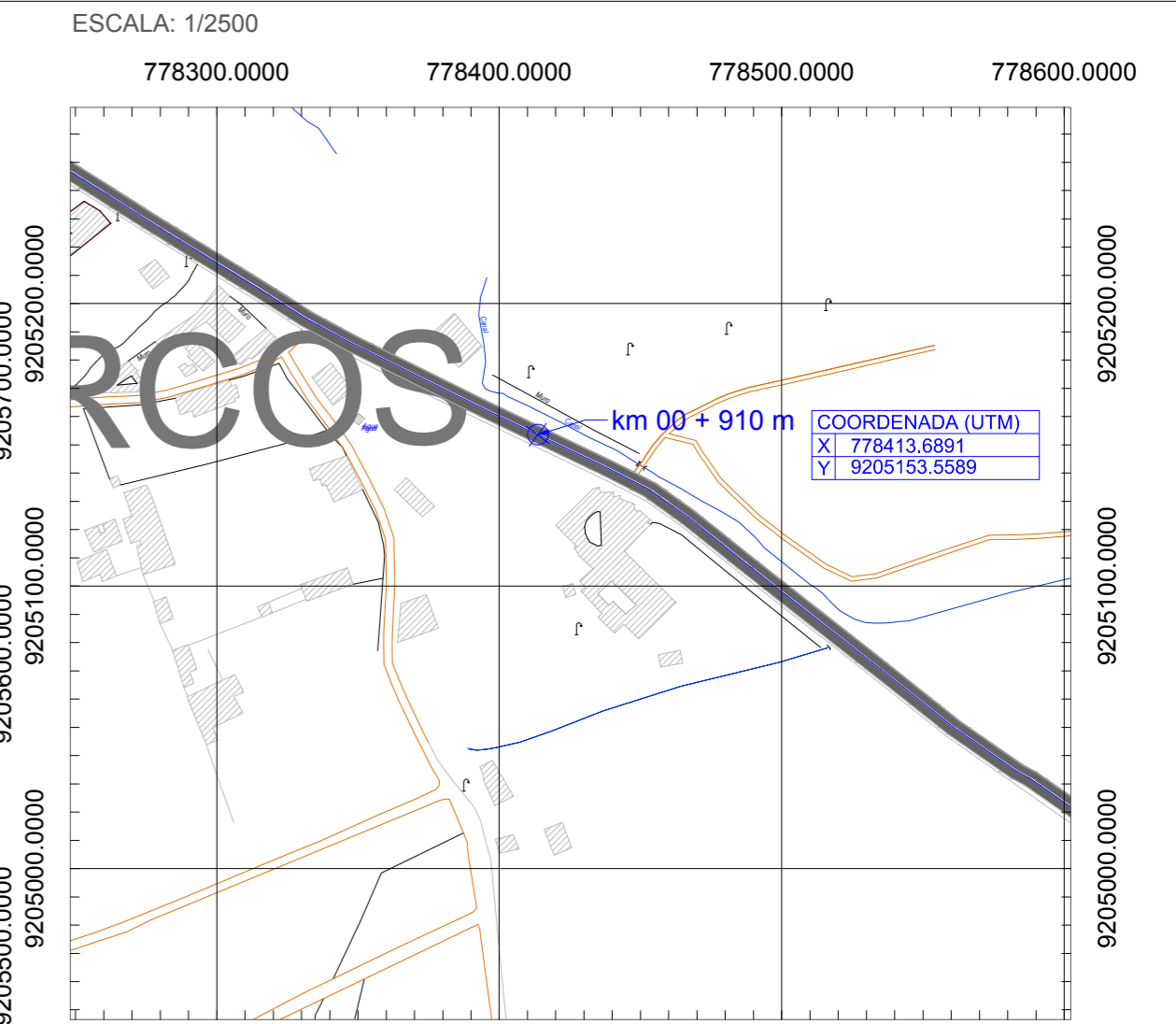
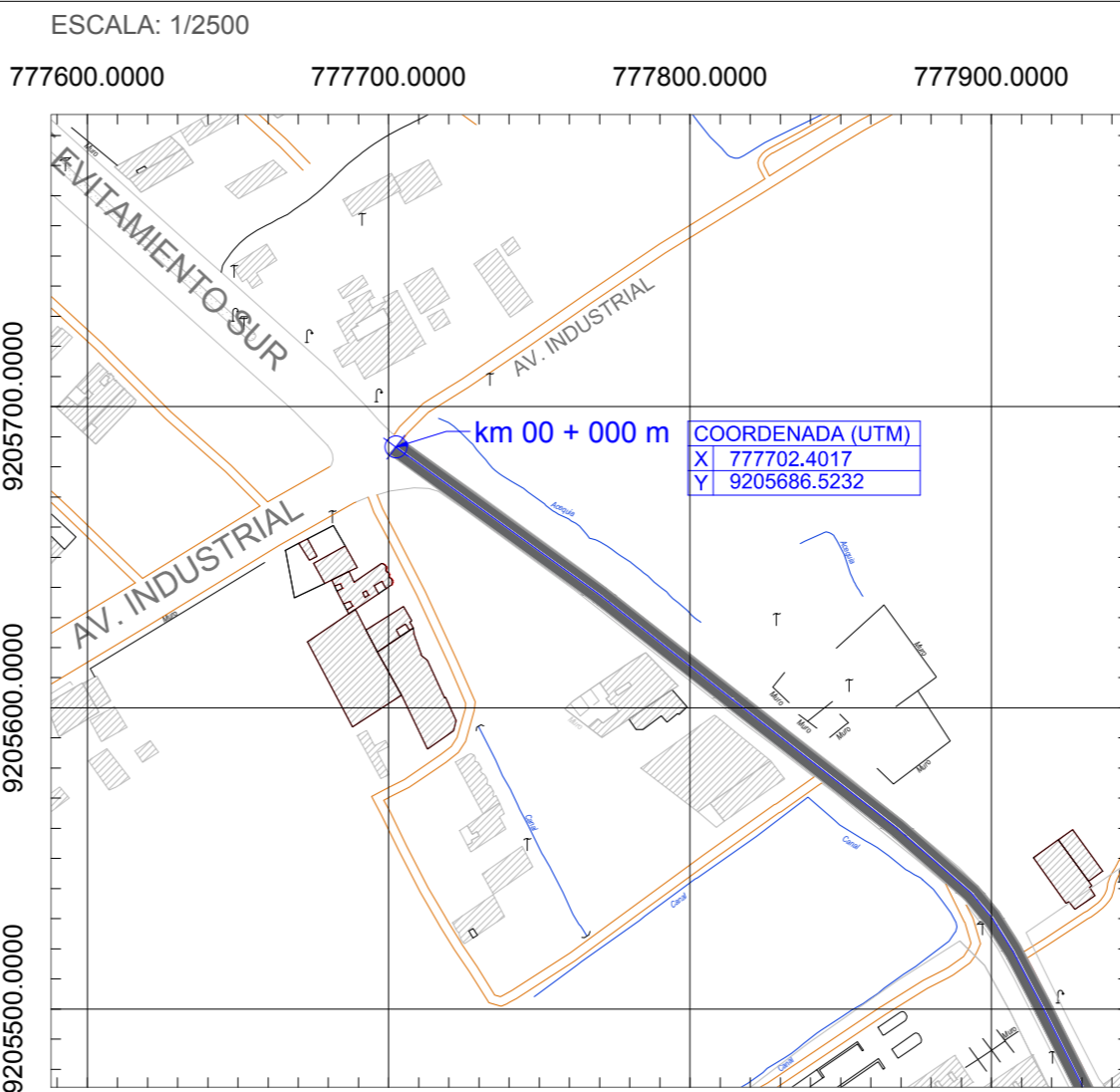
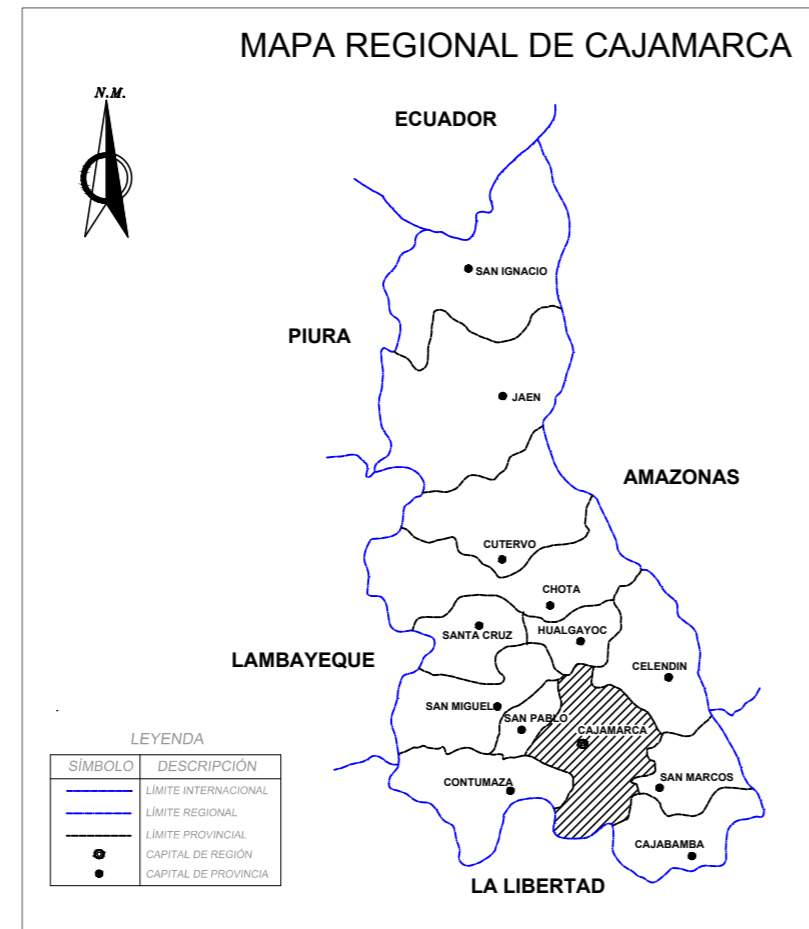
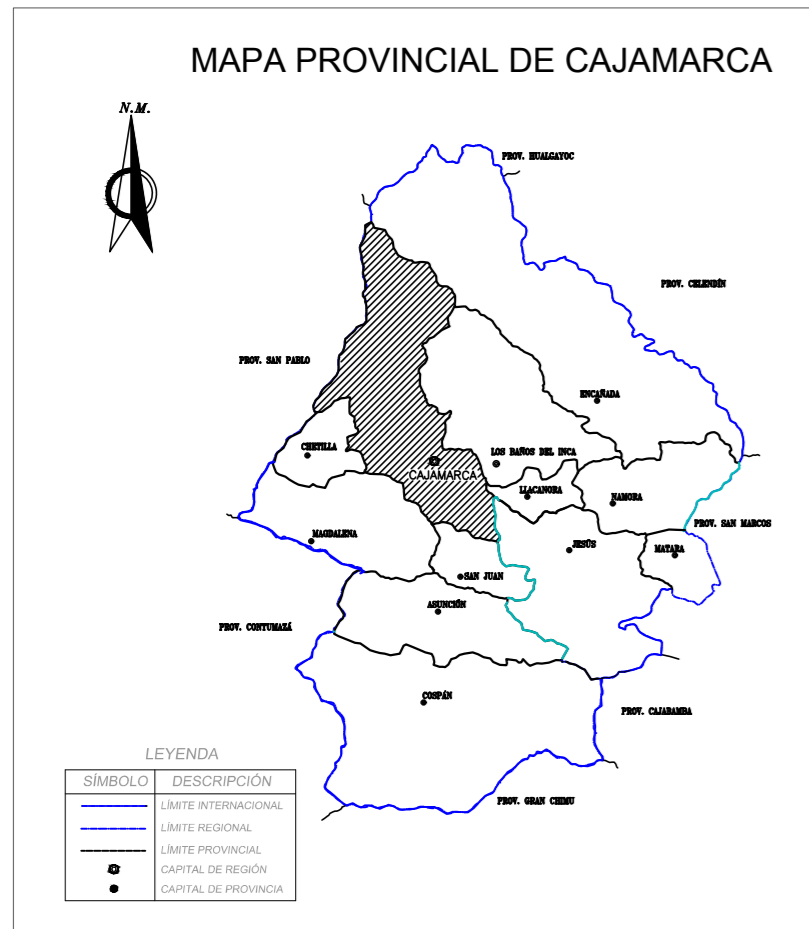
ASESOR

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

Ing. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

**Anexo N° 06:** Plano de Ubicación / Plano topográfico



**LEYENDA**

(Hatched box)	VIVIENDA
(Blue line)	ACEQUIA
(Blue line with curve)	ALUMBRADO PÚBLICO
(Blue line with curve)	CANAL

<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b></p>	<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b></p> <p>Fac. Ing. - Carrera de Ingeniería Civil</p>	
	<p>TESIS:</p> <p>"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKLEMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. VIA DE EVITAMIENTO SUR CAJAMARCA"</p>	<p>ESCALA:</p> <p>INDICADA</p>
<p>2017</p>	<p><b>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b></p>	
<p>ASESOR :</p> <p>Ing. ALEJANDRO CUBAS BECERRA</p>	<p>TESISTA:</p> <p>Chavarry Grados Diana Carolina</p>	<p>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</p> <p>Carretera Jesús (Av. Industrial - Iscoconga)</p>
		<p>FECHA Y VERSIÓN:</p> <p><b>12 OCTUBRE 2017</b></p>
		<p>PLANO N°:</p> <p><b>U-01</b></p>



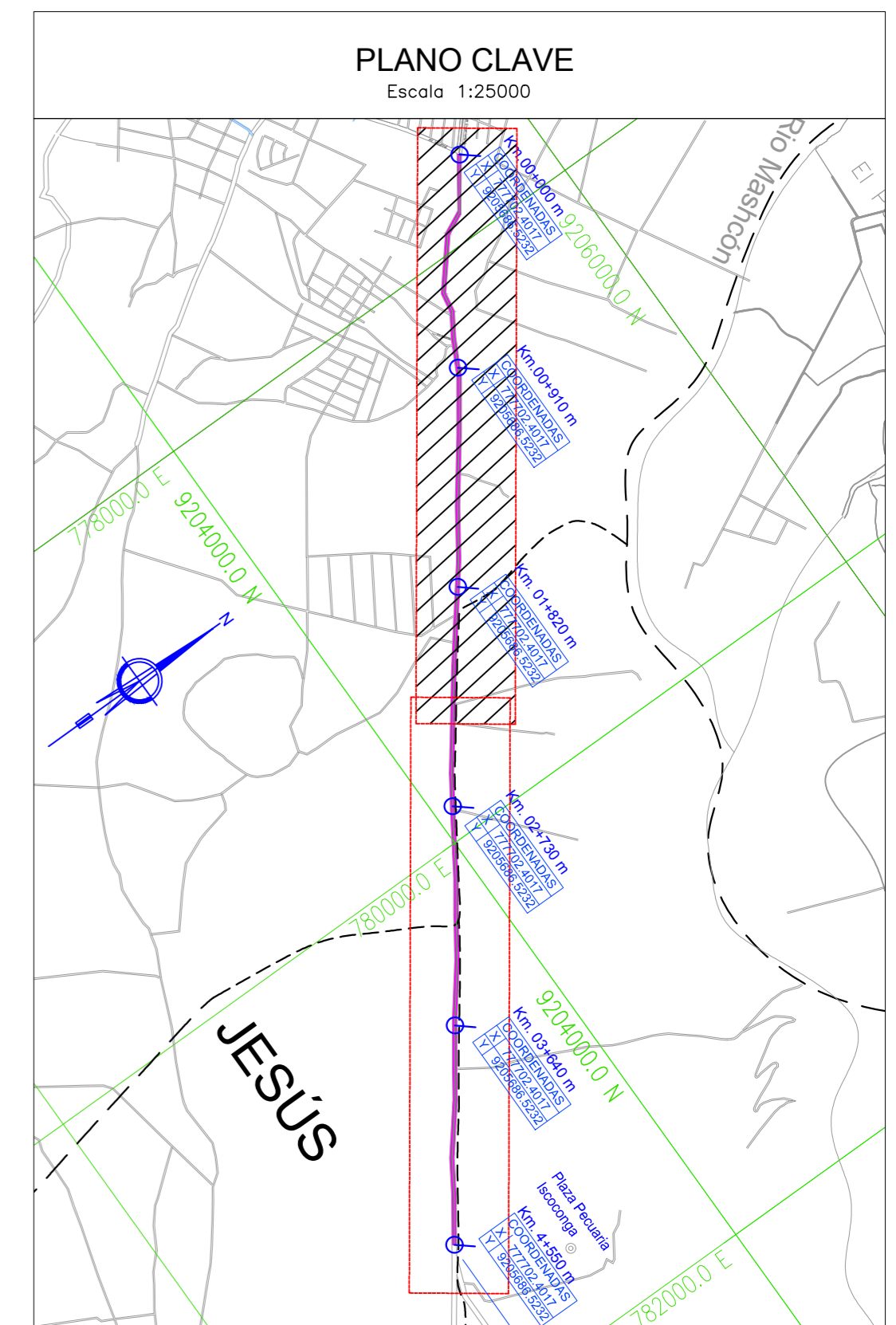
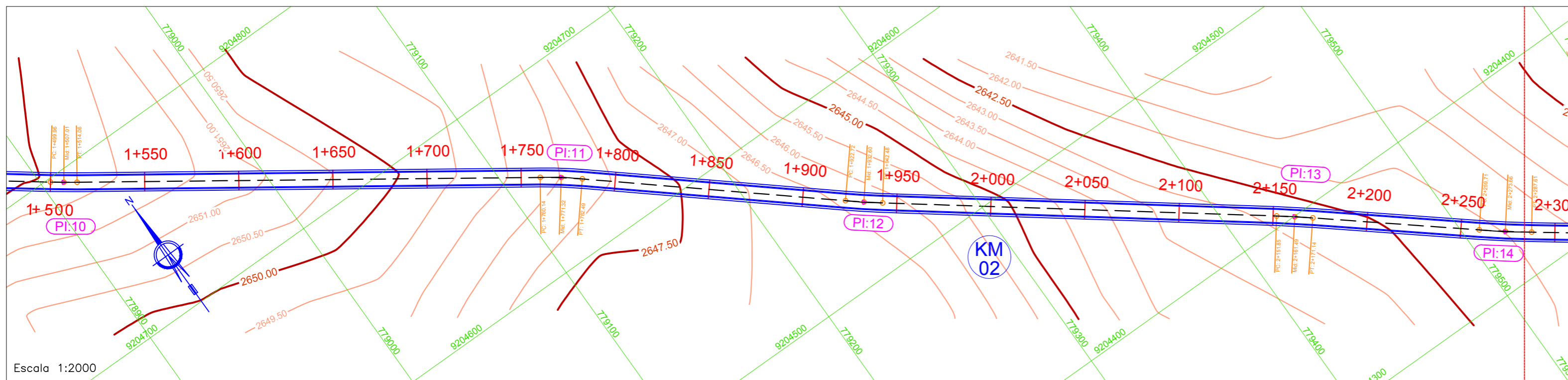
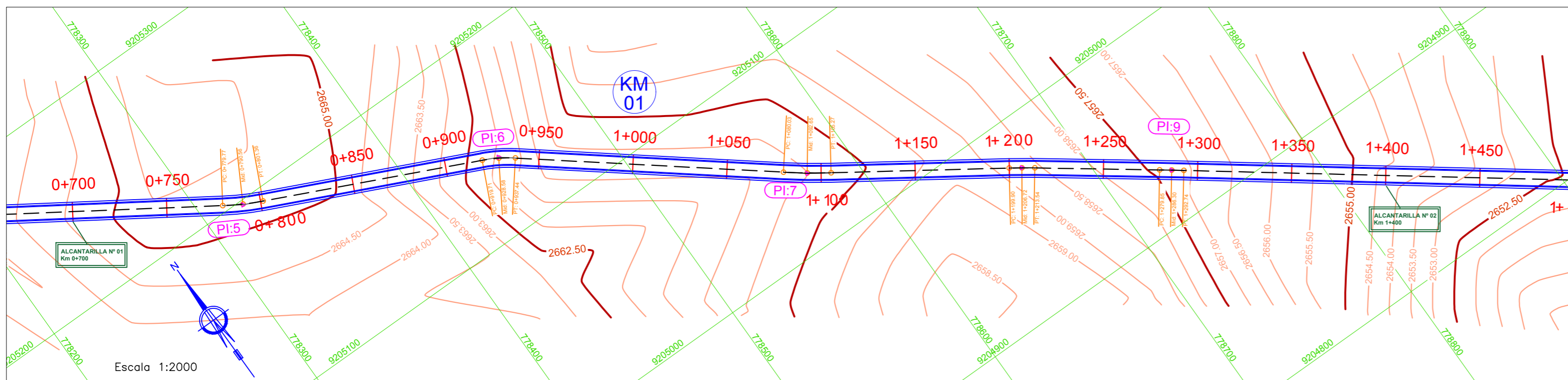
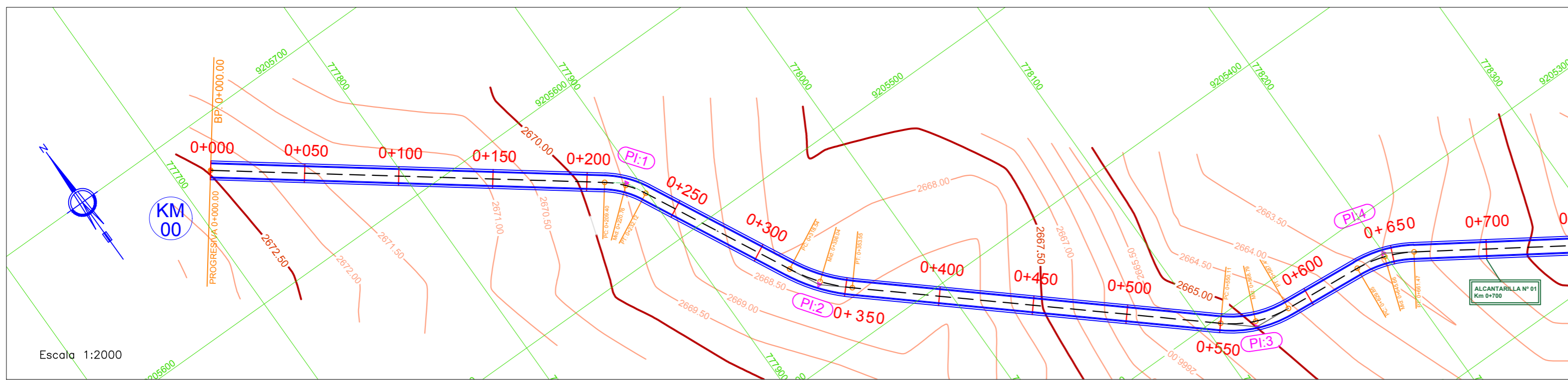
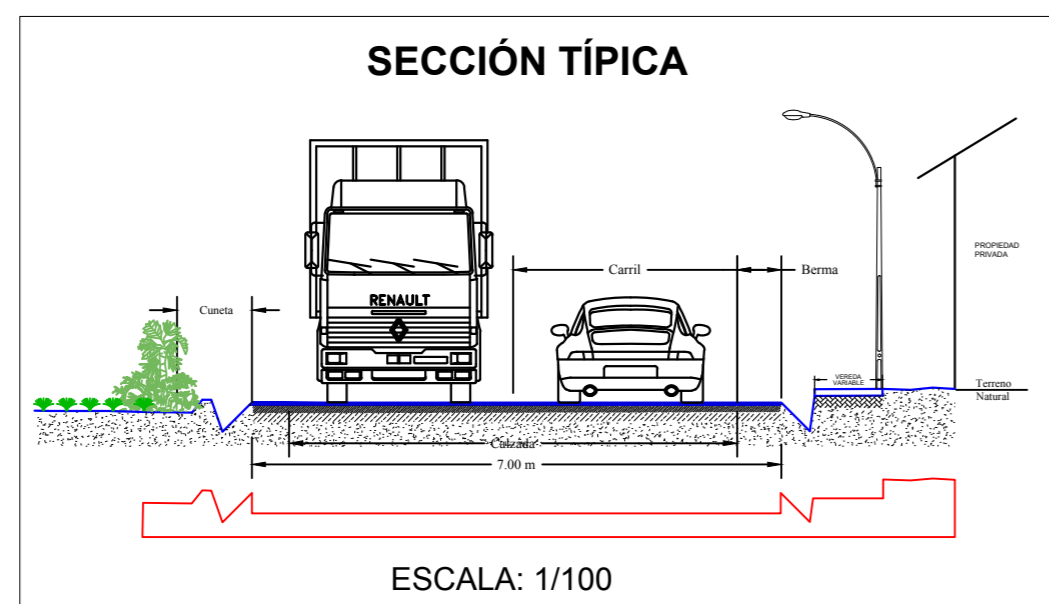
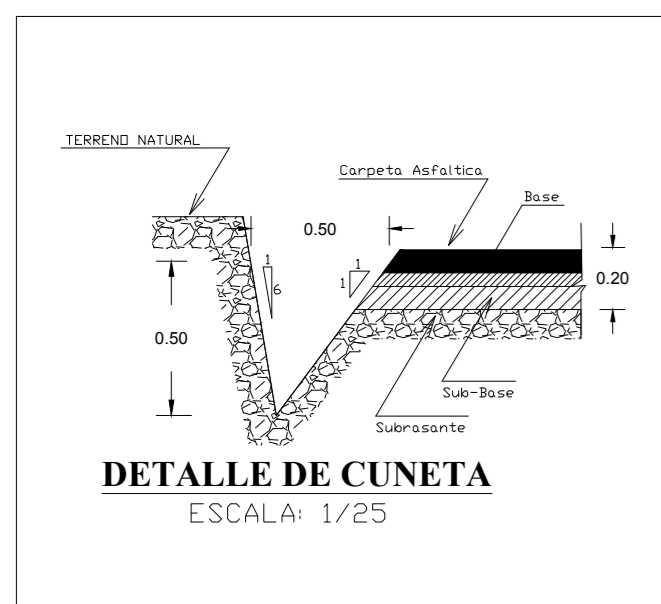


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA					LEYENDA	
CURVA	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	--- --	EJE DE VIA
PI:1	0+209.40	0+232.12	9205540.69	777893.95	---	CURVAS (TANGENTES)
PI:2	0+318.54	0+353.55	9205437.36	777946.02	---	BORDES DE CARRETERA
PI:3	0+550.11	0+587.46	9205284.21	778122.41	---	REFERENCIAS PARA LA LONGITUD DE ESPIRAL Y N
PI:4	0+629.85	0+661.47	9205277.03	778199.90	+	GRILLA
PI:5	0+779.77	0+801.36	9205197.56	778321.47	△	ESTACION
PI:6	0+919.71	0+937.44	9205139.38	778446.69	+	BMs
PI:7	1+080.03	1+105.27	9205037.28	778575.19	~	CURVA DE NIVEL (MAESTRA)
PI:8	1+199.90	1+213.54	9204973.57	778669.82	~	CURVA DE NIVEL (SECUNDARIA)
PI:9	1+279.85	1+292.74	9204926.36	778733.88	+	PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
PI:10	1+499.96	1+514.06	9204793.89	778910.41	+	PUNTOS DE INTERSECCION
PI:11	1+760.14	1+782.49	9204642.79	779127.29		
PI:12	1+922.72	1+942.48	9204538.68	779250.48		
PI:13	2+151.85	2+171.14	9204399.75	779432.39		
PI:14	2+259.71	2+287.61	9204328.27	779518.84		



ESCALA GRÁFICA

60 0 60 120 Metros

1:2000

DATOS DEL PROYECTO	
DISTRITO	: Cajamarca-Jesús-Llacanora
PROVINCIA	: Cajamarca
DEPARTAMENTO	: Cajamarca

**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
Fac. Ing. - Carrera de Ingeniería Civil

TESIS:  
"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKLEMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. VIA DE EVITAMIENTO SUR CAJAMARCA"

PLANO:  
**TOPOGRÁFICO**

DOCENTE :  
Ing.ALEJANDRO CUBAS BECERRA

ALUMNA:  
Chavary Grados Diana Carolina

UBICACIÓN DEL PROYECTO:  
Carretera Jesús (Av. Industrial - Iscoconga)

ESCALA:  
INDICADA

DIBUJO:  
D.C.C.G.

FECHA Y VERSIÓN:  
12 OCTUBRE 2017

PLANO N°:  
**T-01**



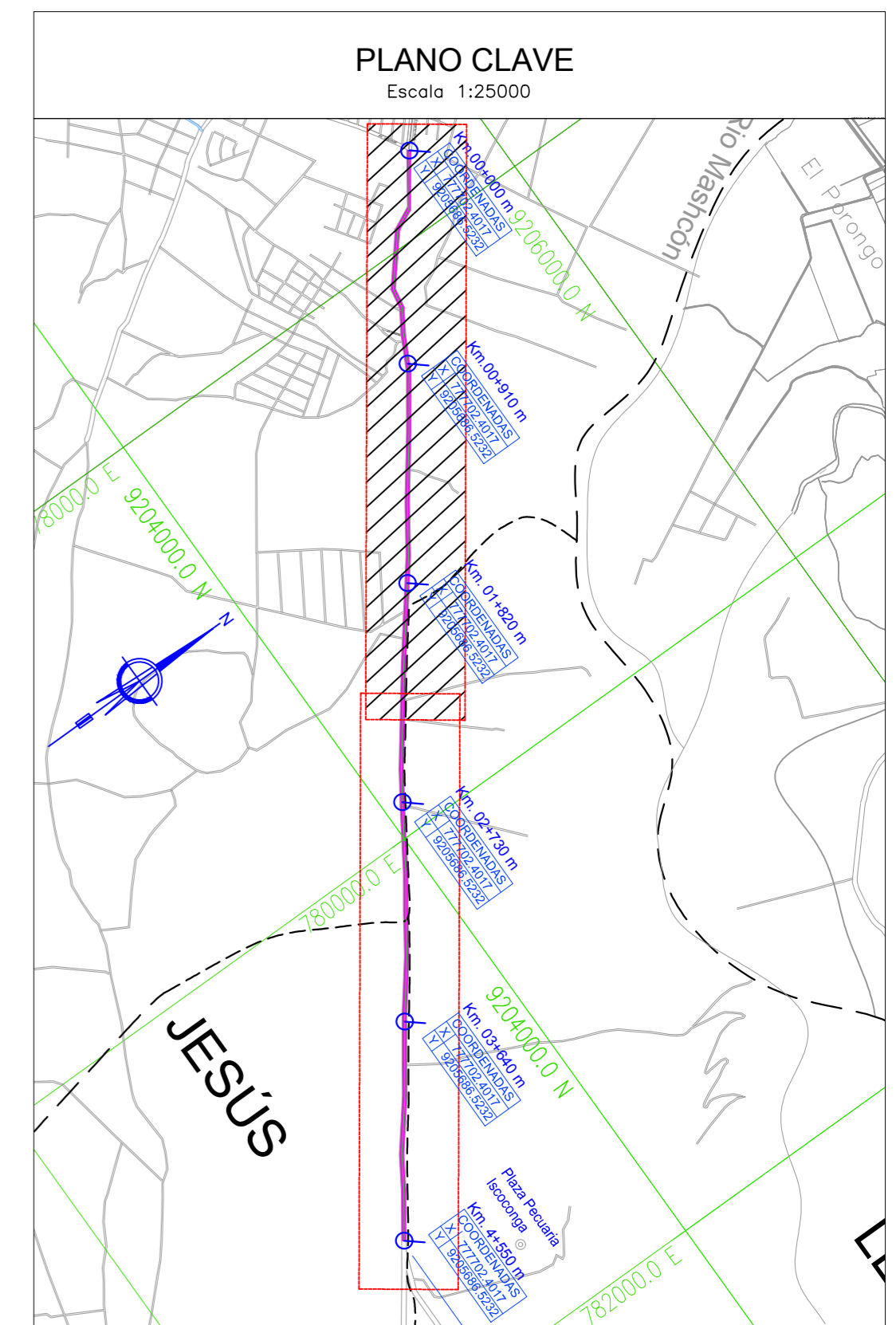
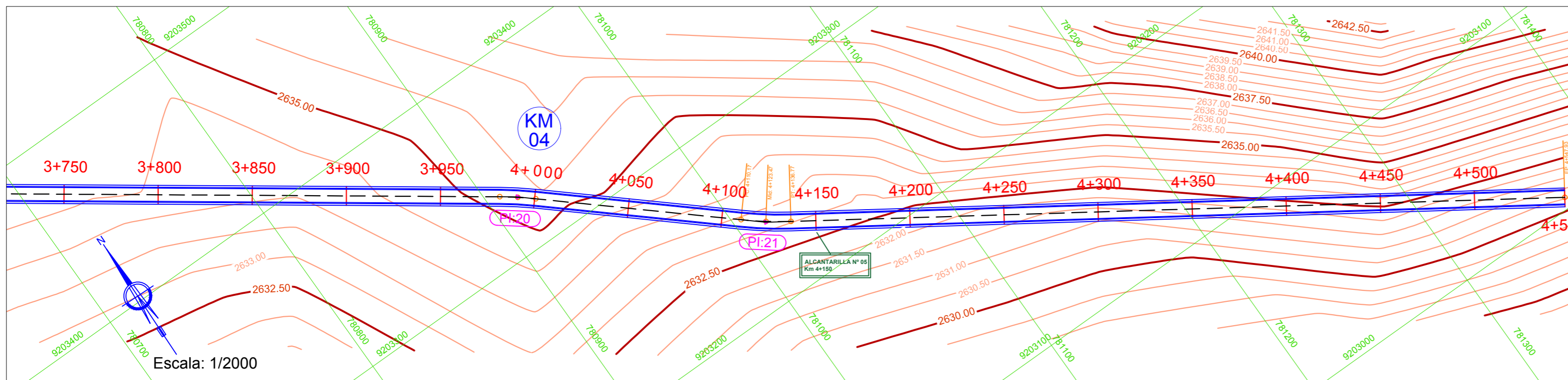
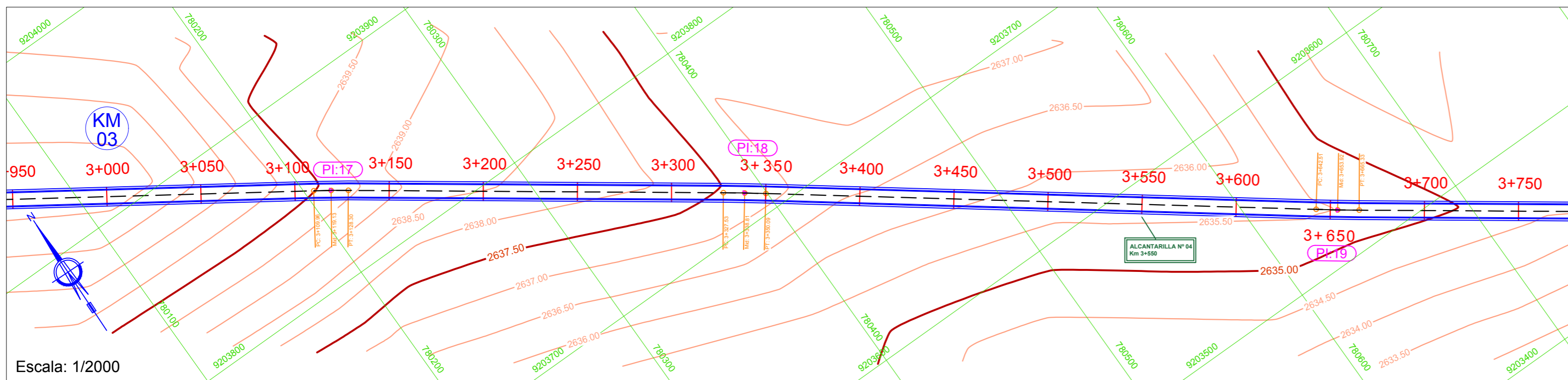
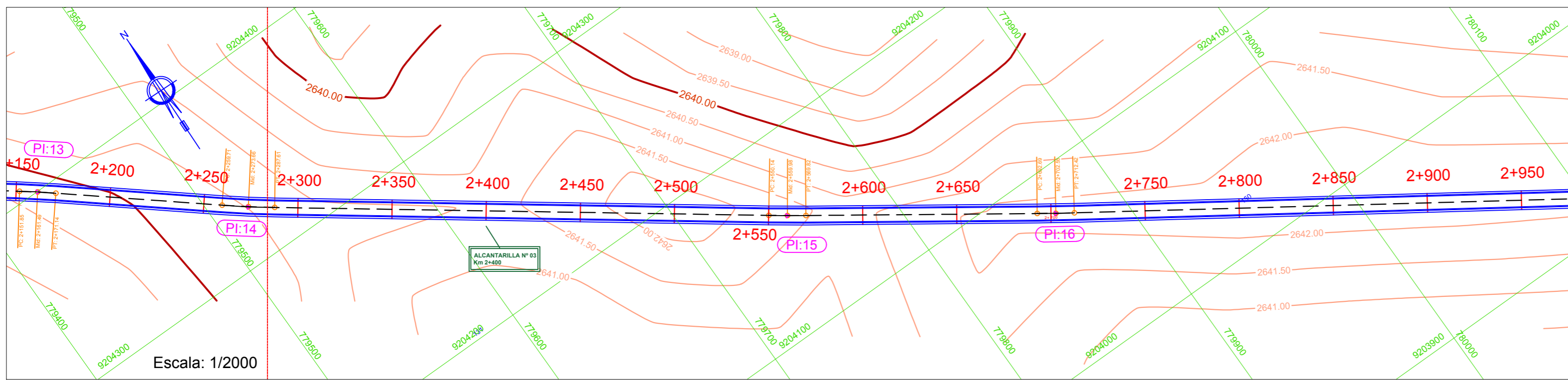
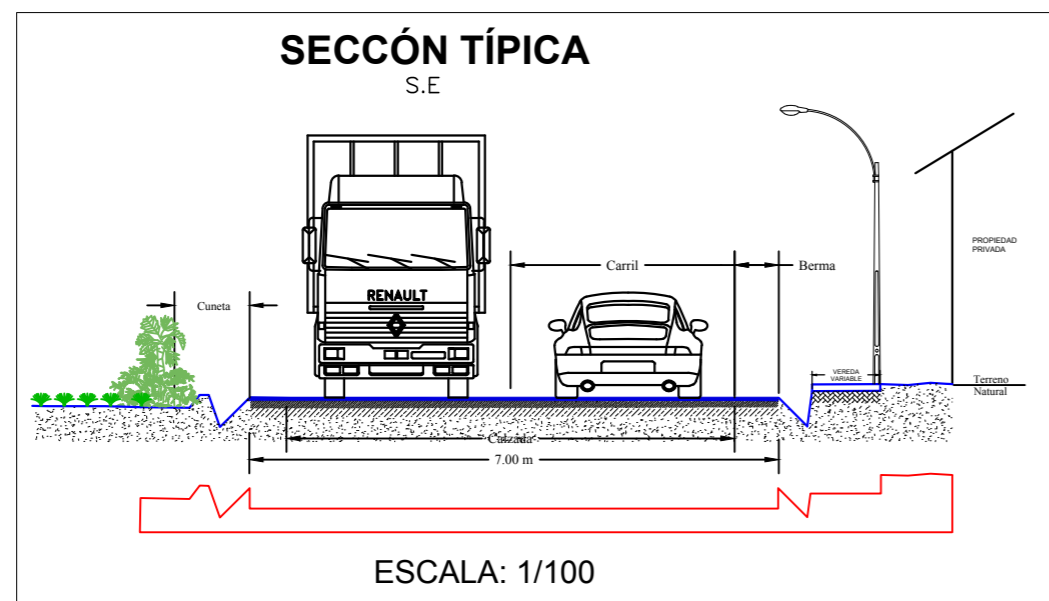
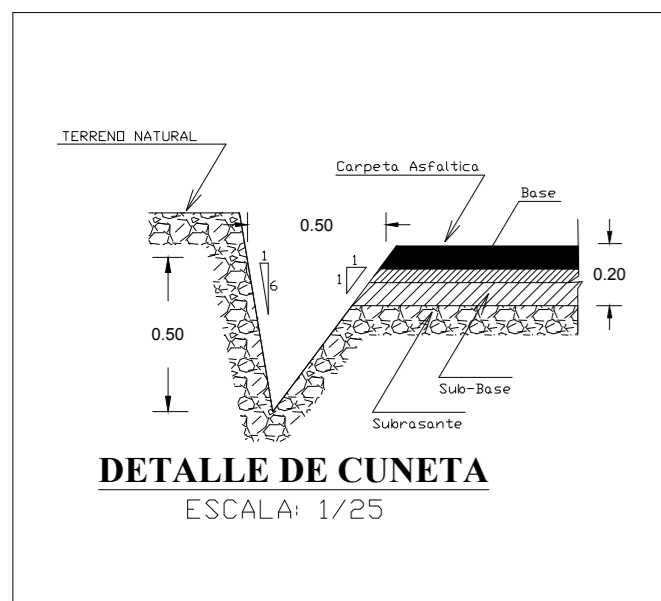


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA

CURVA	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI:8	1+199.90	1+213.54	9204973.57	778669.82
PI:9	1+279.85	1+292.74	9204926.36	778733.88
PI:10	1+499.96	1+514.06	9204793.89	778910.41
PI:11	1+760.14	1+782.49	9204642.79	779127.29
PI:12	1+922.72	1+942.48	9204538.68	779250.48
PI:13	2+151.85	2+171.14	9204399.75	779432.39
PI:14	2+259.71	2+287.61	9204328.27	779518.84
PI:15	2+550.14	2+569.82	9204158.43	779749.35
PI:16	2+692.69	2+712.42	9204076.70	779866.17
PI:17	3+109.96	3+128.30	9203844.69	780212.16
PI:18	3+327.53	3+350.09	9203716.10	780390.28
PI:19	3+642.51	3+665.33	9203525.94	780641.54
PI:20	3+981.46	4+000.60	9203328.68	780914.92
PI:21	4+110.17	4+136.77	9203241.26	781014.44

LEYENDA

- EJE DE VIA
- CURVAS (TANGENTES)
- BORDES DE CARRETERA
- REFERENCIAS PARA LA LONGITUD DE ESPIRAL Y N
- GRILLA
- ESTACION
- BMS
- CURVA DE NIVEL (MAESTRA)
- CURVA DE NIVEL (SECUNDARIA)
- PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
- (PI:N) PUNTOS DE INTERSECCION



ESCALA GRÁFICA

60 0 60 120 Metros

1:2000

**DATOS DEL PROYECTO**

DISTRITO : Cajamarca-Jesús-Llacanora  
 PROVINCIA : Cajamarca  
 DEPARTAMENTO : Cajamarca

**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
 Fac. Ing. - Carrera de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

2017

DOCENTE : Ing. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKLEMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. VIA DE EVITAMIENTO SUR CAJAMARCA"

PLANO: **TOPOGRÁFICO**

ALUMNA: Chavary Grados Diana Carolina

UBICACIÓN DEL PROYECTO: Carretera Jesús (Av. Industrial - Isocongona)

ESCALA: INDICADA

DIBUJO: D.C.C.G.

FECHA Y VERSIÓN: 12 OCTUBRE 2017

PLANO N°: **T-02**

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

### **Anexo N° 07:** Datos de campo



**BALANZA ELECTRONICA "CHAVEZ"**

**RUC: 10266973786**

**VIA DE EVITAMIENTO SUR ESQ. CON  
MISION BAUTISTA-CAJAMARCA**

**CLARO:**

**959552463 - 986272619**



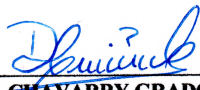
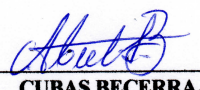
TICKET N° 10249

05:01:04 p.m 08/11/2017

PLACA	T 3A 875	TARA MANUAL	Kg
CHOFER	VICTOR MINCHAN	PESO BRUTO	8,200 KG
		PESO TARA	
PRODUCTO	EJES POSTERIORES	PESO NETO	8,200 KG
CLIENTE			
TARIFA	10.00		

**ATENCION DE LUNES A DOMINGO Y  
FERIADOS LAS 24 HORAS**



PROTOCOLO											
	<b>ENSAYO:</b> MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN										
	<b>NORMA:</b>	MTC E 1002-2000									
<b>TESIS:</b>	<b>"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"</b>										
<b>CARGA DEL EJE :</b>	8100 kg	<b>Presion:</b>	80 psi	<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Industrial - Iscoconga						
<b>FECHA DEL ENSAYO:</b>	9/11/17			<b>RESPONSABLE:</b>	Chavarry Grados Diana Carolina						
DATOS DE CAMPO											
Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
1	00+050	N-S	23.30	7.5	0	2	3	4	10	17	—
2	00+100	N-S	23.30	7.5	0	2	3	5	12	18	—
3	00+150	N-S	22.20	7.5	0	7	9	12	14	15	—
4	00+200	N-S	25.10	7.5	0	6	8	10	12	13	—
5	00+250	N-S	25.40	7.5	0	2	6	8	11	14	—
6	00+300	N-S	25.60	7.5	0	2	4	9	11	13	—
7	00+350	N-S	25.70	7.5	0	2	5	9	12	14	—
8	00+400	N-S	26.60	7.5	0	3	6	8	9	10	—
9	00+450	N-S	25.30	7.5	0	2	6	10	12	14	—
10	00+500	N-S	25.30	7.5	0	3	8	11	15	27	—
11	00+550	N-S	25.40	7.5	0	4	10	15	18	23	—
12	00+600	N-S	26.10	7.5	0	1	3	6	8	10	—
13	00+650	N-S	27.70	7.5	0	2	10	15	16	18	—
14	00+700	N-S	27.40	7.5	0	4	10	12	16	20	—
15	00+750	N-S	27.70	7.5	0	4	6	10	17	25	—
16	00+800	N-S	24.70	7.5	0	4	3	10	16	24	—
17	00+850	N-S	28.40	7.5	0	2	5	10	17	24	—
18	00+900	N-S	29.70	7.5	0	4	8	10	14	19	—
19	00+950	N-S	26.30	7.5	0	5	10	13	19	18	—
20	00+000	N-S	28.10	7.5	0	3	5	8	12	19	—
21	01+050	N-S	28.30	7.5	0	4	7	9	15	22	—
22	01+100	N-S	28.50	7.5	0	2	5	8	10	14	—
OBSERVACIONES:											
TESISTA						ASESOR					
 CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA						 CUBAS BECERRA, ALEJANDRO					



	<b>PROTOCOLO</b>		
	ENSAYO:	MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN	
	NORMA:	MTC E 1002-2000	

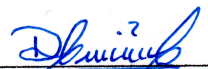
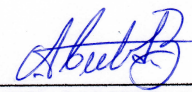
TESIS:	"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"
--------	---

CARGA DEL EJE :	8100 kg	Presion:	80 psi	UBICACIÓN:	Av. Industrial - Iscoconga	
FECHA DEL ENSAYO:	9/11/17	RESPONSABLE:	Chavarry Grados Diana Carolina			

DATOS DE CAMPO											
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
23	01+180	N-S	30.20	7.5	0	2	5	8	11	14	—
24	01+200	N-S	30.30	7.5	0	3	5	9	12	16	—
25	01+250	N-S	30.70	7.5	0	4	6	8	14	19	—
26	01+300	N-S	30.00	7.5	0	5	8	10	18	31	—
27	01+350	N-S	30.20	7.5	0	4	8	13	18	26	—
28	01+400	N-S	31.10	7.5	0	4	6	10	12	14	—
29	01+450	N-S	29.40	7.5	0	4	10	13	16	20	—
30	01+500	N-S	24.80	7.5	0	5	9	12	16	22	—
31	01+550	N-S	23.80	7.5	0	3	5	7	8	9	—
32	01+600	N-S	24.10	7.5	0	3	8	10	15	21	—
33	01+650	N-S	27.30	7.5	0	1	2	5	8	11	—
34	01+700	N-S	28.20	7.5	0	4	8	15	22	29	—
35	01+750	N-S	27.20	7.5	0	2	9	13	16	20	—
36	01+800	N-S	34.10	7.5	0	2	9	12	14	16	—
37	01+850	N-S	33.80	7.5	0	5	10	19	25	30	—
38	01+900	N-S	33.10	7.5	0	4	8	10	13	15	—
39	01+950	N-S	33.60	7.5	0	2	5	12	17	25	—
40	02+000	N-S	35.00	7.5	0	2	9	12	16	20	—
41	02+050	N-S	33.10	7.5	0	4	9	12	18	28	—
42	02+100	N-S	34.40	7.5	0	4	9	12	19	29	—
43	02+150	N-S	33.30	7.5	0	4	8	12	17	26	—
44	02+200	N-S	34.30	7.5	0	4	6	10	14	18	—

OBSERVACIONES:

TESISTA	ASESOR
 <b>CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA</b>	 <b>CUBAS BECERRA, ALEJANDRO</b>



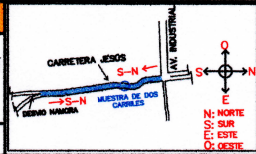


ENSAYO:

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN

NORMA:

MTC E 1002-2000



TESIS: "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

CARGA DEL EJE : 8100 kg Presion: 80 psi UBICACIÓN: Av. Industrial - Isocongca

FECHA DEL ENSAYO: 9/11/17 RESPONSABLE: Chavarry Grados Diana Carolina

DATOS DE CAMPO

Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
45	02+250	N-S	33.60	7.5	0	4	8	12	15	20	—
46	02+300	N-S	34.10	7.5	0	4	9	12	15	19	—
47	02+350	N-S	34.20	7.5	0	4	8	12	14	19	—
48	02+400	N-S	34.70	7.5	0	9	12	17	19	20	—
49	02+450	N-S	34.80	7.5	0	4	8	12	16	21	—
50	02+500	N-S	33.30	7.5	0	3	7	9	14	17	—
51	02+550	N-S	34.80	7.5	0	2	9	12	17	24	—
52	02+600	N-S	34.90	7.5	0	3	10	14	18	28	—
53	02+650	N-S	35.00	7.5	0	5	10	12	16	22	—
54	02+700	N-S	34.80	7.5	0	1	2	3	5	8	—
55	02+750	N-S	34.90	7.5	0	4	5	7	10	12	—
56	02+800	N-S	34.60	7.5	0	3	6	7	8	9	—
57	02+850	N-S	34.50	7.5	0	2	4	8	9	10	—
58	02+900	N-S	33.20	7.5	0	2	5	6	7	8	—
59	02+950	N-S	33.10	7.5	0	1	4	5	6	8	—
60	03+000	N-S	33.12	7.5	0	2	5	7	9	11	—
61	03+050	N-S	35.00	7.5	0	2	5	7	13	19	—
62	03+100	N-S	34.70	7.5	0	1	2	3	4	5	—
63	03+150	N-S	34.90	7.5	0	2	7	9	10	11	—
64	03+200	N-S	34.80	7.5	0	1	3	5	8	11	—
65	03+250	N-S	34.10	7.5	0	2	4	7	11	15	—
66	03+300	N-S	34.60	7.5	0	2	5	9	11	13	—

OBSERVACIONES:

TESISTA

ASESOR

*Diana Carolina*

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

*Alejandro*

CUBAS BECERRA, ALEJANDRO



	<b>PROCOLO</b>	
	<b>ENSAYO:</b> MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN <b>NORMA:</b> MTC E 1002-2000	


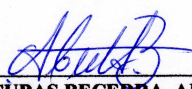
<b>TESIS:</b>	<b>"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"</b>
---------------	--

<b>CARGA DEL EJE :</b>	8100 kg	<b>Presion:</b>	80 psi	<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Industrial - Iscoconga
<b>FECHA DEL ENSAYO:</b>	9/11/17	<b>RESPONSABLE:</b>	Chavarry Grados Diana Carolina		

<b>DATOS DE CAMPO</b>
-----------------------

N°	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
67	03+350	N-S	34.90	7.5	0	1	2	5	6	8	—
68	03+400	N-S	34.70	7.5	0	2	3	8	9	11	—
69	03+450	N-S	34.80	7.5	0	2	4	5	6	7	—
70	03+500	N-S	34.60	7.5	0	2	2	3	5	7	—
71	03+550	N-S	35.00	7.5	0	1	2	3	5	6	—
72	03+600	N-S	34.60	7.5	0	4	6	8	12	16	—
73	03+650	N-S	33.10	7.5	0	3	5	9	10	11	—
74	03+700	N-S	35.00	7.5	0	1	1	3	4	5	—
75	03+750	N-S	34.90	7.5	0	1	1	4	7	10	—
76	03+800	N-S	34.60	7.5	0	2	3	5	12	20	—
77	03+850	N-S	34.80	7.5	0	1	4	7	9	12	—
78	03+900	N-S	34.00	7.5	0	1	4	7	10	13	—
79	03+950	N-S	34.20	7.5	0	1	2	3	4	5	—
80	04+000	N-S	34.30	7.5	0	2	5	7	8	9	—
81	04+050	N-S	32.90	7.5	0	2	4	5	7	9	—
82	04+100	N-S	33.60	7.5	0	1	2	3	4	5	—
83	04+150	N-S	34.50	7.5	0	2	3	4	5	6	—
84	04+200	N-S	34.80	7.5	0	2	4	7	8	10	—
85	04+250	N-S	34.30	7.5	0	2	5	7	9	11	—
86	04+300	N-S	34.80	7.5	0	1	4	7	9	11	—
87	04+350	N-S	33.80	7.5	0	2	4	5	6	8	—
88	04+400	N-S	33.70	7.5	0	2	3	7	8	10	—
89	04+450	N-S	33.60	7.5	0	2	4	5	6	7	—
90	04+500	N-S	35.00	7.5	0	2	5	7	11	14	—
91	04+550	N-S	34.80	7.5	0	1	2	4	6	8	—

**OBSERVACIONES:**

<b>TESISTA</b>	<b>ASESOR</b>
 CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA	 CUBAS BECERRA, ALEJANDRO

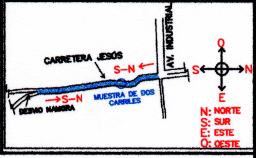


**PROTOCOLO**



**ENSAYO:** MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN

**NORMA:** MTC E 1002-2000



**TESIS:** "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

**CARGA DEL EJE :** 8100 kg      **Presion:** 80 psi      **UBICACIÓN:** Av. Industrial - Iscoconga  
**FECHA DEL ENSAYO:** 9/11/17      **RESPONSABLE:** Chavarry Grados Diana Carolina

**DATOS DE CAMPO**

N°	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
92	0 + 050	S-N	24.10	7.5	0.0	2	4	5	7	9	-
93	0 + 100	S-N	24.30	7.5	0.0	2	4	5	11	16	-
94	0 + 150	S-N	24.20	7.5	0.0	5	9	13	14	15	-
95	0 + 200	S-N	25.30	7.5	0.0	2	4	8	9	10	-
96	0 + 250	S-N	25.40	7.5	0	2	6	7	10	14	-
97	0 + 300	S-N	25.60	7.5	0	2	5	8	9	10	-
98	0 + 350	S-N	25.70	7.5	0	1	2	3	4	5	-
99	0 + 400	S-N	26.60	7.5	0	3	6	8	9	10	-
100	0 + 450	S-N	25.30	7.5	0	2	5	11	12	13	-
101	0 + 500	S-N	25.30	7.5	0	3	8	11	15	27	-
102	0 + 550	S-N	25.40	7.5	0	3	10	12	13	14	-
103	0 + 600	S-N	26.10	7.5	0	1	2	7	8	10	-
104	0 + 650	S-N	26.40	7.5	0	2	5	6	7	9	-
105	0 + 700	S-N	27.40	7.5	0	4	11	12	15	19	-
106	0 + 750	S-N	27.70	7.5	0	3	6	10	16	25	-
107	0 + 800	S-N	24.70	7.5	0	4	2	10	12	14	-
108	0 + 850	S-N	28.40	7.5	0	1	5	11	15	20	-
109	0 + 900	S-N	28.70	7.5	0	4	6	10	16	19	-
110	0 + 950	S-N	28.30	7.5	0	5	7	10	17	25	-
111	1 + 000	S-N	28.10	7.5	0	3	6	9	13	18	-
112	1 + 050	S-N	28.40	7.5	0	5	7	9	14	22	-
113	1 + 100	S-N	28.30	7.5	0	2	7	8	10	13	-

OBSERVACIONES:

TESISTA	ASESOR
 CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA	 CUBAS BECERRA, ALEJANDRO

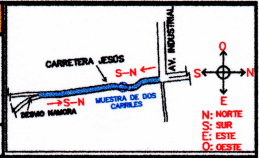




**PROTOCOLO**

**ENSAYO:** MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN

**NORMA:** MTC E 1002-2000



**TESIS:** "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

**CARGA DEL EJE:** 8100 kg      **Presion:** 80 psi      **UBICACIÓN:** Av. Industrial - Iscoconga

**FECHA DEL ENSAYO:** 9/11/17      **RESPONSABLE:** Chavarry Grados Diana Carolina

**DATOS DE CAMPO**

Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
114	1+150	S-N	28.30	7.5	0	2	3	7	10	13	-
115	1+200	S-N	28.90	7.5	0	3	5	9	11	14	-
116	1+250	S-N	28.70	7.5	0	3	5	8	14	18	-
117	1+300	S-N	28.50	7.5	0	6	8	11	17	26	-
118	1+350	S-N	28.80	7.5	0	4	7	12	16	20	-
119	1+400	S-N	29.00	7.5	0	1	4	7	8	9	-
120	1+450	S-N	29.30	7.5	0	4	10	13	16	20	-
121	1+500	S-N	29.60	7.5	0	5	9	12	18	22	-
122	1+550	S-N	30.30	7.5	0	2	3	4	5	6	-
123	1+600	S-N	29.60	7.5	0	3	8	10	16	21	-
124	1+650	S-N	28.70	7.5	0	1	2	5	8	11	-
125	1+700	S-N	28.50	7.5	0	4	7	11	13	15	-
126	1+750	S-N	29.00	7.5	0	1	9	13	14	16	-
127	1+800	S-N	29.10	7.5	0	2	8	10	17	26	-
128	1+850	S-N	29.40	7.5	0	3	9	15	19	23	-
129	1+900	S-N	29.80	7.5	0	4	8	10	11	13	-
130	1+950	S-N	29.30	7.5	0	2	7	11	16	20	-
131	2+000	S-N	29.60	7.5	0	2	9	11	13	16	-
132	2+050	S-N	29.70	7.5	0	3	9	12	13	15	-
133	2+100	S-N	29.50	7.5	0	4	7	10	17	23	-
134	2+150	S-N	29.90	7.5	0	3	6	11	18	26	-
135	2+200	S-N	30.00	7.5	0	3	6	11	15	18	-

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	ASESOR
 <b>CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA</b>	 <b>CUBAS BECERRA, ALEJANDRO</b>



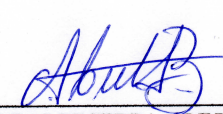
	<b>PROTOCOLO</b>	
	<b>ENSAYO:</b> MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN <b>NORMA:</b> MTC E 1002-2000	

<b>TESIS:</b>	"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"				
<b>CARGA DEL EJE :</b>	8100 kg	<b>Presion:</b>	80 psi	<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Industrial - Isocongona
<b>FECHA DEL ENSAYO:</b>	9/11/17		<b>RESPONSABLE:</b>	Chavarry Grados Diana Carolina	

**DATOS DE CAMPO**

Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
136	2+250	S-N	30.10	7.5	0	4	7	12	16	19	✓
137	2+300	S-N	30.70	7.5	0	4	7	12	15	18	✓
138	2+350	S-N	31.00	7.5	0	4	8	10	12	14	✓
139	2+400	S-N	30.40	7.5	0	5	11	14	17	20	✓
140	2+450	S-N	30.70	7.5	0	4	7	9	12	17	✓
141	2+500	S-N	30.90	7.5	0	3	7	8	11	17	✓
142	2+550	S-N	30.70	7.5	0	2	5	12	15	18	✓
143	2+600	S-N	31.40	7.5	0	3	10	11	16	21	✓
144	2+650	S-N	31.00	7.5	0	3	5	12	14	15	✓
145	2+700	S-N	31.60	7.5	0	1	3	5	6	8	✓
146	2+750	S-N	31.50	7.5	0	5	4	7	9	11	✓
147	2+800	S-N	31.70	7.5	0	3	5	7	8	9	✓
148	2+850	S-N	31.90	7.5	0	1	4	6	7	9	✓
149	2+900	S-N	33.10	7.5	0	3	5	6	7	8	✓
150	2+950	S-N	32.00	7.5	0	1	2	5	7	9	✓
151	3+000	S-N	32.60	7.5	0	2	5	3	5	7	✓
152	3+050	S-N	33.20	7.5	0	1	3	7	9	11	✓
153	3+100	S-N	32.10	7.5	0	1	3	3	4	5	✓
154	3+150	S-N	32.80	7.5	0	1	5	7	8	10	✓
155	3+200	S-N	33.10	7.5	0	1	4	5	7	10	✓
156	3+250	S-N	33.90	7.5	0	2	4	8	11	14	✓
157	3+300	S-N	32.50	7.5	0	2	7	9	11	13	✓

**OBSERVACIONES:**

<b>TESISTA</b>	<b>ASESOR</b>
<hr/> CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA	 <hr/> CUBAS BECERRA, ALEJANDRO



	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	<b>MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLANDO LA VIGA BENKELMAN</b>	
<b>NORMA:</b>	MTC E 1002-2000		

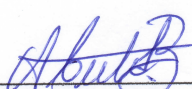
**TESIS:** "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESUS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

<b>CARGA DEL EJE :</b>	8100 kg	<b>Presion:</b>	80 psi	<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Industrial - Iscocongá
<b>FECHA DEL ENSAYO:</b>	9/11/17		<b>RESPONSABLE:</b>	Chavarry Grados Diana Carolina	

**DATOS DE CAMPO**

Nº	Progresiva		T del pavimento	Espesor del pavimento	Lectura Deflectometrica(mm)						Observaciones
	km	Carril			L0	L25	L50	L75	L100	L500	
158	3+350	S-N	33.70	7.5	0	1	2	3	5	7	—
159	3+400	S-N	34.20	7.5	0	2	3	8	9	11	—
160	3+450	S-N	33.00	7.5	0	2	4	5	6	7	—
161	3+500	S-N	33.80	7.5	0	1	2	3	5	7	—
162	3+550	S-N	33.30	7.5	0	1	2	3	5	7	—
163	3+600	S-N	33.10	7.5	0	3	5	6	9	13	—
164	3+650	S-N	33.40	7.5	0	2	5	7	8	9	—
165	3+700	S-N	33.00	7.5	0	1	3	5	6	7	—
166	3+750	S-N	33.40	7.5	0	1	2	4	6	9	—
167	3+800	S-N	33.80	7.5	0	2	4	6	9	12	—
168	3+850	S-N	33.70	7.5	0	2	3	6	9	10	—
169	3+900	S-N	34.50	7.5	0	1	5	8	11	14	—
170	3+950	S-N	34.60	7.5	0	1	3	5	7	9	—
171	4+000	S-N	35.00	7.5	0	1	4	6	7	8	—
172	4+050	S-N	33.40	7.5	0	2	4	5	6	7	—
173	4+100	S-N	33.10	7.5	0	1	2	3	4	5	—
174	4+150	S-N	33.50	7.5	0	2	3	4	5	6	—
175	4+200	S-N	33.00	7.5	0	1	5	7	8	9	—
176	4+250	S-N	34.80	7.5	0	2	4	7	9	11	—
177	4+300	S-N	34.50	7.5	0	1	5	7	8	10	—
178	4+350	S-N	34.10	7.5	0	2	3	6	7	8	—
179	4+400	S-N	34.80	7.5	0	2	4	5	6	7	—
180	4+450	S-N	34.00	7.5	0	1	3	5	6	8	—
181	4+500	S-N	35.00	7.5	0	2	6	7	9	13	—
182	4+550	S-N	34.40	7.5	0	3	4	5	7	9	—

**OBSERVACIONES:**

<b>TESISTA</b>	<b>ASESOR</b>
<hr/> CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA	 <hr/> CUBAS BECERRA, ALEJANDRO



ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO

TESIS "DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

INFORMACIÓN GENERAL

FECHA: MIÉRCOLES 19 DE SEPTIEMBRE 2018

TRAMO: CARRETERA JESÚS

MIÉRCOLES

TRAMO: CARRETERA JESÚS

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS	MIÉRCOLES												TOTAL									
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 10:40 AM	10:40 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 AM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM		5:00 PM - 6:00 PM	6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM						
MOTOTAXI		80	88	78	58	48	56	69	71	58	61	55	78	59	27	31	31	26	27	42	36	16	1502
Ac		56	61	64	66	34	42	38	41	36	44	42	40	42	46	40	41	42	46	50	39	27	1312
Ap		20	28	27	39	31	33	38	44	49	54	50	52	50	67	70	66	54	40	32	34	30	1155
COMBI		4	6	8	11	16	14	12	19	24	24	15	22	21	31	20	22	12	10	6	9	12	339
MICRO		6	0	0	1	2	3	1	2	0	1	4	3	0	2	0	5	2	1	2	3	0	55
BE		0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
BE		1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C2		7	15	19	9	21	20	13	18	17	18	19	12	31	32	30	19	15	34	21	20	10	516
C3		0	0	8	0	3	2	2	1	4	2	5	8	3	2	4	6	3	5	3	0	2	47
TR82		1	0	0	0	3	2	2	0	0	1	0	0	4	5	1	0	2	0	0	0	1	41
TR83		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TR81		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
TR83		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6
CB82		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	5
CB83		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1	0	0	0	1	0	10
MAQUINARIA PESADA		0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>PROMEDIO</b>																<b>3559</b>							

TESISTA

*Diana Carolina Chavarry Grados*  
CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

ASESOR

*Alejandro Cubas Becerra*  
Ing. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO





UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO

"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

RESPONSABLE

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

INFORMACIÓN GENERAL

FECHA: JUEVES 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2018

CARRETERA JESÚS

TRAMO:

TIPO DE VEHICULOS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS	JUEVES												TOTAL																
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM		6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM														
MOTOTAXI		96	99	95	99	89	79	55	49	77	89	62	56	50	49	45	67	70	64	87	78	36	40	51	39	42	44	48	60	1865
Ac		91	74	102	80	51	69	38	47	36	51	35	32	44	42	57	66	72	70	47	53	50	61	36	31	67	80	40	67	1589
Ap		50	30	42	32	30	16	38	44	49	58	41	40	26	50	80	66	54	50	52	40	34	22	22	34	47	54	16	50	1177
COMBI		4	11	24	9	12	21	14	12	19	24	17	12	10	2	36	26	14	11	10	19	8	3	10	6	13	12	2	11	372
MICRO		0	6	2	0	7	1	4	2	6	3	1	1	6	8	6	4	4	1	3	3	0	4	2	1	4	1	4	6	90
B2		1	0	1	0	2	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	16
B3		0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C2		0	4	14	10	20	11	14	9	15	18	6	2	11	9	24	20	16	31	12	11	1	15	2	11	9	16	9	14	334
C3		2	1	5	3	5	6	4	5	6	8	5	8	0	0	4	8	3	7	10	13	7	12	3	7	5	9	3	7	156
T2S2		3	2	0	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	7	0	0	3	1	0	6	7	0	4	43
T2S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
T3S1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6
T3S3		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
C3R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
C3R3		0	0	0	1	3	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	11
MAQUINARIA PESADA		0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8

PROMEDIO

3114

TESISTA

*Diana Carolina*

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

ASESOR

*Alejandro*

ING. CUBA BECERRA, ALEJANDRO





UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

TESIS

TESISTA

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO

"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

FECHA: VIERNES 21 DE SEPTIEMBRE 2018

INFORMACIÓN GENERAL

TRAMO:

CARRETERA JESÚS

VIERNES

TIPO DE VEHÍCULOS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS	FECHA: VIERNES 21 DE SEPTIEMBRE 2018												TOTAL																
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM		6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM	N-S	S-N												
MOTOTAXI		102	99	98	125	90	94	89	101	97	55	61	41	40	94	65	88	69	66	65	33	42	53	40	45	59	45	60	2006	
Ac		92	71	90	86	54	84	82	89	94	40	44	34	30	56	63	54	70	48	56	48	57	25	29	65	76	41	67	1718	
Ap		31	26	36	23	50	38	44	49	58	42	39	33	21	76	64	53	51	54	38	38	26	20	34	46	54	16	50	1132	
COMBI		6	11	17	11	12	16	21	18	26	16	12	10	1	39	24	20	12	10	11	12	4	5	4	11	14	2	11	376	
MICRO		2	3	2	0	7	1	6	7	3	1	2	4	1	5	1	1	4	2	1	1	3	2	0	6	2	1	4	74	
B2		1	0	1	0	0	2	0	2	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	15	
B3		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
C2		1	2	6	8	19	9	10	11	8	4	2	7	2	15	11	10	15	17	9	3	12	0	9	9	11	8	13	244	
C3		5	4	5	2	4	3	6	10	8	9	11	0	0	10	15	5	11	8	12	9	10	4	6	6	9	3	9	188	
T2S2		2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	5	0	3	4	1	2	5	7	0	4	40	
T2S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
T3S1		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	
T3S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
C3R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	8	
C3R3		0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	12	
MAQUINARIA PESADA		0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
<b>PROMEDIO</b>																											3827			

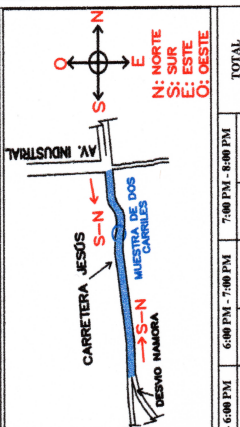
TESISTA

*Diana Carolina Chavarry Grados*  
CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

ASESOR

*Alejandro Becerra*  
Ing. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO





**ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO**

TESIS

TESISTA

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

FECHA: SÁBADO 22 DE SEPTIEMBRE 2018

INFORMACIÓN GENERAL

TRAMO: CARRETERA JESÚS

SÁBADO

TIPO DE VEHICULOS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS	SÁBADO												TOTAL															
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM		6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM	N.S												
MOTOTAXI		101	117	102	100	80	79	75	52	73	69	50	59	43	45	69	67	80	56	53	38	40	65	43	44	41	40	50	1806
Ac		88	70	89	85	45	60	80	58	39	53	29	43	46	35	57	49	35	50	56	50	62	24	41	66	79	45	68	1558
Ap		31	39	37	30	50	21	39	44	57	46	39	41	20	14	35	53	60	56	40	33	26	17	24	46	52	14	49	1070
COMBI		6	10	14	9	21	15	19	22	17	29	18	16	2	19	25	21	29	14	9	11	7	6	9	12	13	1	12	425
MICRO		2	5	6	0	2	1	4	1	9	0	1	3	5	5	4	1	4	1	0	0	9	5	2	3	3	1	2	82
B2		1	0	2	0	2	3	1	0	0	2	2	2	1	2	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	1	0	1	24
B3		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5
C2		1	3	11	1	21	9	20	10	21	19	9	2	13	10	23	31	27	30	15	11	13	22	5	10	13	10	19	389
C3		4	4	10	0	3	6	5	7	9	11	11	9	0	0	9	11	9	11	15	14	12	3	6	5	7	3	8	261
TS2		1	1	0	0	0	0	2	3	2	4	0	0	0	0	0	2	2	1	3	0	4	3	0	6	9	0	4	47
TS3		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4
TS4		0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
TS5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
CB2		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	2	0	0	8
CB3		0	0	1	0	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	11
MAQUINARIA PESADA		0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<b>PROMEDIO</b>																										<b>3844</b>			

TESISTA

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

ASESOR

Ing. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO







ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHÍCULO

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA A JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

RESPONSABLE

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

INFORMACIÓN GENERAL

FECHA: LUNES 24 DE SEPTIEMBRE 2018

TRAMO:

CARRETERA JESÚS

LUNES

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN DE LOS VEHÍCULOS	CARRERA JESÚS												TOTAL																
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM		6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM														
MOTOTAXI		113	120	121	168	79	81	94	89	101	97	62	59	44	51	94	65	88	69	66	65	33	42	49	37	42	41	45	60	2075
Ac		85	72	100	94	54	70	85	83	90	95	32	27	33	37	57	64	55	71	49	57	49	58	27	33	68	73	42	68	1785
Ap		32	27	43	30	51	31	39	45	50	59	37	41	52	38	57	56	54	52	55	39	39	27	19	26	29	54	17	51	1150
COMBI		7	12	19	13	23	20	17	22	19	27	20	17	18	28	25	21	13	13	11	12	13	5	8	4	14	3	12	440	
MICRO		1	4	0	1	4	2	7	3	8	4	12	7	5	5	6	0	2	5	3	3	2	1	0	0	5	7	1	5	100
B2		1	0	1	1	2	1	0	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	16
B3		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
C2		1	6	7	6	8	9	9	8	6	12	8	6	9	7	13	7	8	11	9	13	7	10	5	12	8	12	7	2324	
C3		3	4	6	0	6	3	3	6	6	4	8	9	9	0	6	5	5	8	8	7	6	4	3	6	5	3	7	136	
T2S2		2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	5	0	3	4	1	0	6	8	4	40	
T2S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
T3S1		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	
T3S3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
C3R2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	
C3R3		0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	
MAQUINARIA PESADA		0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
<b>PROMEDIO</b>																										3873				

TESISTA

ASESOR

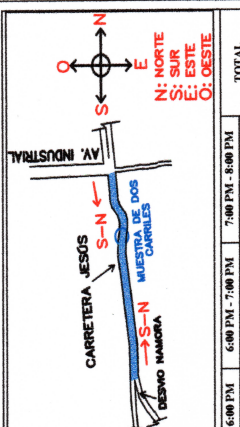
*Diana Carolina*

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

*Alejandro*

Ing. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO





**ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR TIPO DE VEHICULO**

**NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN**  
"DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA SOBRECAPA EN FUNCIÓN DE LAS DEFLEXIONES DETERMINADAS CON LA VIGA BENKELMAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRERA A. JESÚS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"

**RESPONSABLE**  
CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

**INFORMACIÓN GENERAL**  
TRAMO: CARRERA JESÚS

**FECHA: MARTES 25 DE SEPTIEMBRE 2018**



TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS	MARTES												TOTAL																	
		6:00 AM - 7:00 AM	7:00 AM - 8:00 AM	8:00 AM - 9:00 AM	9:00 AM - 10:00 AM	10:00 AM - 11:00 AM	11:00 AM - 12:00 AM	12:00 PM - 1:00 PM	1:00 PM - 2:00 PM	2:00 PM - 3:00 PM	3:00 PM - 4:00 PM	4:00 PM - 5:00 PM	5:00 PM - 6:00 PM		6:00 PM - 7:00 PM	7:00 PM - 8:00 PM	N.S														
MOTOTAXI		97	99	98	89	89	77	82	70	51	74	80	80	55	60	48	80	71	65	62	86	71	37	40	49	37	42	41	45	60	1801
Ac		80	72	93	90	50	67	81	59	40	54	54	34	35	27	33	52	64	71	66	50	55	50	64	26	32	67	72	48	61	1593
Ap		26	34	37	29	49	20	14	16	13	20	30	17	16	23	24	39	26	54	50	52	40	34	30	28	35	47	53	16	50	1136
COMBI		4	9	14	10	20	14	14	16	13	20	30	17	16	24	29	39	26	15	12	9	6	14	10	7	3	13	11	3	16	420
MICRO		2	1	1	0	3	0	4	2	5	1	3	0	0	0	1	3	1	2	4	1	1	2	6	1	0	3	0	2	1	50
B2		0	0	2	0	0	3	1	1	0	1	1	1	1	2	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	17	
B3		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	
C2		6	11	10	13	15	10	16	13	19	12	12	21	15	12	11	14	23	24	17	15	14	5	17	5	12	12	14	11	12	379
C3		4	1	7	3	5	4	3	7	8	10	7	9	9	0	6	7	8	5	6	9	15	7	13	3	6	5	7	2	9	176
T2S2		3	0	0	0	2	0	1	4	0	5	0	0	0	1	0	2	1	0	5	0	0	0	2	1	0	6	7	0	6	46
T2S3		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	4	
T3S1		0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	
T3S3		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
C3R2		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	6	
C3R3		0	0	1	0	4	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13
MAQUINARIA PESADA		0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
<b>PROMEDIO</b>																	3862														

**TESISTA**

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

*[Signature]*

CHAVARRY GRADOS, DIANA CAROLINA

**ASESOR**

Fig. CUBAS BECERRA, ALEJANDRO

*[Signature]*

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

**Anexo N° 08:** Panel fotográfico





FIGURA N° 22: Levantamiento topográfico.



FIGURA N° 23: Verificación del asesor durante el levantamiento topográfico.





FIGURA N° 24: Verificación al finalizar la topografía, en inspección del asesor.



FIGURA N° 25: Toma de medidas de las dimensiones de cunetas.



FIGURA N° 26: Toma de medidas de la viga en estudio.



FIGURA N° 27: Visita a la estación meteorológica Augusto Weberbauer.





Fecha	Temperatura máxima(°C)	Temperatura mínima(°C)
05/11/2017	21.6	10.6
06/11/2017	23.5	7.3
07/11/2017	22.2	9.9
08/11/2017	24.4	8.5
09/11/2017	22.9	9.2

Fuente: Estación Meteorológica Augusto Weberbauer (Senamhi), 2017



FIGURA N° 30: Colocación de las progresivas km 000+050 m



FIGURA N° 31: Colocación de las progresivas km 000+250 m





FIGURA N° 32: Progresiva km 000 + 500 m.



FIGURA N° 33: Progresiva km 001 + 000 m.



FIGURA N° 34: Progresiva km 001 + 500 m.



FIGURA N° 35: Progresiva km 002 + 000 m.





FIGURA N° 36: Progresiva km 002+ 500 m.



FIGURA N° 37: Pesando el camión tipo C2.



FIGURA N° 38: Ensamble de la viga Benkelman.



FIGURA N° 39: Remarcando las progresivas.





FIGURA N° 40: Colocando la viga en el eje del camión.



FIGURA N° 41: Se anota la primera deflexión.



FIGURA N° 42: Agujero para medir la temperatura del pavimento.



FIGURA N° 43: Se anotó las deflexiones en la progresiva km 000 + 050 m.





FIGURA N° 44: Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 300 m.



FIGURA N° 45: Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 500 m.



FIGURA N° 46: Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 600 m.



FIGURA N° 47: Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 700 m.





FIGURA N° 48: Se anotó la deflexión en la progresiva km 000 + 800 m.



FIGURA N° 49: Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 000 m.



FIGURA N° 50: Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 000 m.



FIGURA N° 51: Se anotó la deflexión en la progresiva km 001 + 500 m.





FIGURA N° 52: Se anotó la deflexión en la progresiva km 002 + 500 m.



FIGURA N° 53: Se anotó la deflexión en la progresiva km 003 + 000 m.





FIGURA N° 54: Se anotó la deflexión en la progresiva km 004 + 500 m.



FIGURA N° 55: Medida del tráfico con la supervisión del asesor.



FIGURA N° 56: Medida del tráfico con la supervisión del asesor.



FIGURA N° 57: Medida del tráfico a las 6:00 pm.

“Determinación del espesor de la sobrecarga en función de las deflexiones determinadas con la viga Benkelman en el pavimento flexible de la carretera a Jesús de la ciudad de Cajamarca”.

**Anexo N° 09:** Norma MTC E 10002-2000



## MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN

### MTC E 1002 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 4695, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación

#### 1. OBJETIVO

Detalla el procedimiento para determinar simultáneamente con una viga Benkelman la Deflexión Recuperable y el Radio de Curvatura de un pavimento flexible, producidos por una carga estática. A tal fin se utiliza un camión donde la carga, tamaño de llantas, espaciamiento entre ruedas duales y presión de inflado están normalizadas.

#### 2. APARATO

**2.1** Una viga Benkelman de doble brazo con sus correspondientes diales registradores (al 0.01 mm y recorrido 12 mm) y las siguientes dimensiones fundamentales:

- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba = 2,440 m.
- Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,610 m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba = 2,190 m.
- Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,5475 m.

**Nota 1.** Se permite el empleo de vigas con dimensiones diferentes siempre y cuando no sean tan reducidas que el radio de acción de la carga no afecte permanentemente la posición de sus patas (ver numeral 3.8).

**2.2** Un camión para ensayo con las siguientes características.

El eje trasero pesará en la balanza 8.175 kilogramos, igualmente distribuidos en sus ruedas duales y estará equipado con llantas de caucho y cámaras neumáticas. Las llantas deberán ser 10" x 20"; 12 lonas e infladas a 5,6 kg/cm<sup>2</sup> (80 libras por pulgada cuadrada). La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambas llantas de cada rueda dual deber ser de 32 cm.



2.3 Un medidor de presión de inflado.

2.4 Un termómetro de 0 a 100 °C con divisiones cada grado.

2.5 Un barreno para ejecutar orificios en el pavimento de 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro.

2.6 Un cronometro.

2.7 Una Wincha de acero de 2 m y otra de 25 m.

2.8 Un vibrador.

### 3. PROCEDIMIENTO

3.1 El punto del pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea será localizado el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde. Se recomienda utilizar las distancias indicadas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

Ancho del carril	Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento
2,70 m	0,45 m
3,00 m	0,60 m
3,30 m	0,75 m
3,60 m o más	0.90 m

3.2 La rueda dual externa del camión deberá ser colocada sobre el punto seleccionado; para la correcta ubicación de la misma, deberá colocarse en la parte trasera extrema del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión, se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada en 3,1 de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas llantas de la rueda dual.

3.3 Se coloca la viga sobre el pavimento, detrás del camión, perpendicularmente al eje de carga, de modo que la punta de prueba del primer brazo coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las llantas de la rueda dual.

3.4 Se liberan los seguros de los brazos y se ajusta la base de la viga por medio del tornillo trasero, de manera que los dos brazos de medición queden en contacto con los diales.

3.5 Se ajustan a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las esferas de los diales hasta que las agujas queden en cero y se verifica la lectura

golpeándolos suavemente con un lápiz. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición 0 (cero).

**3.6** Se hace avanzar suave y lentamente el camión; se pone en marcha el cronómetro y vibrador y se leen los diales cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada uno de ellos no difieran en más de 0,01 mm, se da por finalizada la recuperación, registrándose las últimas lecturas observadas (L0 y L25)

**3.7** Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones serán: 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50 cm del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con aceite no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura, retirando el mismo antes del desplazamiento del camión.

El rango de temperatura de trabajo deberá quedar dentro de los siguientes límites:

Límite inferior : 5 °C

Límite superior : 35 °C

**3.8** No obstante el límite superior indicado en el párrafo 3.7, el ensayo no se deberá efectuar a temperaturas inferiores si ellas producen deformación plástica entre ambas llantas de la rueda dual. Para detectar si dicha deformación se produce, se deberá proceder de la siguiente forma:

Una vez registradas las lecturas L0 y L25, se hace retroceder suave y lentamente el camión hasta que la rueda dual externa quede colocada sobre el punto de ensayo, observando la marcha en la aguja del dial. Si alcanzada cierta posición la aguja se detiene y luego se observa un desplazamiento en sentido contrario, como si se produjera la recuperación del pavimento, ello indica que existe deformación plástica medible entre ambas llantas de la rueda dual. Esa aparente recuperación puede ser, debida, también, al hecho de que el radio de acción de la carga del camión afecte las patas de la viga (ver numeral 3.9).

**3.9** Tampoco deberá efectuarse el ensayo si, aun cuando no se detectara deformación plástica mediante el procedimiento recién indicado, se constatará que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, para lo cual se procederá de la siguiente forma:

Una vez registradas las lecturas de los diales, se hace retroceder lentamente el camión observando el dial del primer brazo. Cuando se observe que el dial comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada en el párrafo 3.2 y se detiene el retroceso del camión.

Se mide la distancia entre la punta de prueba del primer brazo y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea  $d$  esa distancia, si  $d$  es mayor de 2,40 m, la acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.



#### 4. CÁLCULOS

4.1 La deflexión bajo el eje de la carga ( $D_0$ ), se calcula mediante la expresión:

$$D_0 = 4 \times L_0 \text{ . (expresada en 0,01 mm)}$$

donde  $L_0$  es la lectura registrada en el dial del primer brazo de ensayo.

4.2 La deflexión a 25 cm del eje de la carga ( $D_{25}$ ), se calcula con la expresión:

$$D_{25} = 4 \times L_{25} \text{ (expresada en 0.01 mm).}$$

**Nota 2.** El valor 4 usado por el cálculo de  $D_0$  y  $D_{25}$  obedece a que la relación de longitudes de brazo indicadas en 2.1 es 4. En caso de que la viga utilizada tenga una relación diferente, se aplicará el factor que corresponda.

4.3 El radio de curvatura en el punto de ensayo se calcula con la expresión

$$RC = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})} \text{ expresado en mm}$$

#### 5. INFORME

Para cada ensayo, el informe deberá incluir la abscisa de la prueba, el estado superficial y la temperatura del pavimento, las deflexiones ( $D_0 - D_{25}$ ) y el radio de curvatura ( $R_c$ ).

La aplicación de correcciones por efecto de la temperatura y el procesamiento estadístico de los datos, se efectuarán conforme lo establezca la normativa respectiva.

#### 6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 4695
------	--------